

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ТРИБОСИСТЕМЫ СКОЛЬЖЕНИЯ ПО ИНТЕРВАЛУ КОРРЕЛЯЦИИ ОГИБАЮЩЕЙ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ

Шевченко С.А., к.т.н.

*(Харківський національний технічний університет
сільського господарства ім. П.Василенка)*

Интервал корреляции огибающей сигналов акустической эмиссии является диагностическим параметром, инвариантным к масштабированию сигнала по амплитуде. Это уменьшает влияние производственного разброса амплитудно-частотных характеристик датчиков на результат диагностирования.

Постановка проблемы. Одной из основных причин отказов трибосистем скольжения лесных и сельскохозяйственных машин (в частности, объемных гидроприводов) является увеличение зазоров в сопряжениях вследствие изнашивания деталей [1]. Особенно интенсивным изнашивание становится при переходе от гидродинамического трения к граничному. Таким образом, диагностика трибосистем скольжения является необходимым условием своевременного обнаружения работы в режиме граничного трения, и, следовательно, обеспечения надежности машин в эксплуатации.

Анализ исследований и публикаций. Эффективным методом диагностики трибосистем скольжения является акустико-эмиссионный метод, поскольку скольжение дислокаций и развитие микротрещин в металлах сопровождается генерированием высокочастотных упругих колебаний [2, 3].

В работе [4] выполнено исследование влияния режима трения (смешанное, граничное, адгезионное) на спектральную плотность АЭ на основе спектрального разложения длин площадок контакта микронеровностей.

При лабораторных исследованиях подшипника скольжения в [5] изучалось изменение спектра акустической эмиссии (АЭ) и скорости счета во времени, а также при нарушении подачи смазки,

Лабораторные стенды для исследования акустико-эмиссионных признаков контактного разрушения трибосистем скольжения описаны в [6, 7]. Приведены зависимости изменения счета и скорости счета (с использованием нескольких пороговых уровней), длительности сигналов и их фронтов, гистограмм амплитуд сигналов во времени, а также спектры АЭ.

В [8] рассмотрено использование корреляционного анализа в вибрационной диагностике. Интервал корреляции используется для оценки длительности временного промежутка, при превышении которого значения сигнала считаются независимыми. Это позволяет обнаруживать детерминированную составляющую вибрации среди стационарных случайных составляющих. В [8] указывается, что

интервал корреляции случайного сигнала диагностической информации не содержит.

Обобщение исследований [2–8] приводит к выводу о том, что при диагностике преимущественно используются такие стандартизованные параметры акустической эмиссии, как счет и скорость счета (с использованием нескольких пороговых уровней), спектральный анализ, длительности сигналов и их элементов, гистограмма амплитуд, мощность сигнала. Эти диагностические параметры эффективно используются при исследовании процессов трения на специальных стендах, когда на протяжении испытания используется один и тот же датчик, постоянно установленный на объекте контроля. Если же необходимо длительно осуществлять периодическое диагностирование с использованием различных датчиков, периодически закрепляемых на объекте, то следует обратить внимание на чувствительность этих параметров к масштабированию сигнала АЭ по амплитуде и изменению амплитудно-частотной характеристики датчика. Обусловлено это производственным разбросом параметров датчиков и влиянием свойств установочной поверхности (неплоскостность, шероховатость) и контактного материала, заполняющего зазор между датчиком и этой поверхностью, на его амплитудно-частотную характеристику.

Нерешенной частью проблемы является обоснование акустико-эмиссионных диагностических признаков трибосистемы скольжения, инвариантных к масштабированию сигнала по амплитуде.

Целью статьи является обоснование возможности использования интервала корреляции узкополосного сигнала акустической эмиссии в качестве диагностического признака при диагностировании трибосистемы скольжения.

Результаты исследования. Сравнение датчиков, образующих конструктивно-технологическую серию, показывает, что узкополосным датчикам свойственны большие значения коэффициента передачи, чем широкополосным. Это увеличивает отношение сигнал-шум всей аналоговой части тракта обработки сигнала – от датчика до аналого-цифрового преобразователя. Применение узкополосного датчика (или узкополосного усилителя) затрудняет использование таких диагностических признаков, как распределение сигналов по амплитуде (гистограмма амплитуд, эксцесс, асимметрия). Обусловлено это нормализующими свойствами узкополосного фильтра – распределением мгновенных значений выходного сигнала по нормальному закону, если частота входных импульсов (в данном случае – сигналов АЭ) значительно превышает его среднюю частоту) [9]. Следовательно, ограничивается возможность использования таких признаков, как пик-фактора, асимметрии и эксцесса сигналов АЭ.

При обосновании предлагаемого диагностического параметра учитывалось, что основную информацию несет огибающая высокочастотного колебания, обусловленная модуляцией мощности АЭ из-за периодичности процессов при трении, а частота высокочастотного заполнения определяется средней частотой узкополосного фильтра. При акустико-эмиссионной диагностике не удастся использовать метод спектрального анализа огибающей, поскольку модуляция

мощности сигнала АЭ является случайным процессом. Поэтому целесообразно осуществлять анализ сигнала АЭ во временной, а не в частотной области. Поскольку, как показано в [8], интервал корреляции случайного сигнала диагностической информации не содержит, осуществлялось выделение огибающей сигнала АЭ с помощью пикового детектора для последующего вычисления автокорреляционной функции и интервала корреляции:

$$\tau_K = \frac{1}{R(0)} \int_0^{\infty} R(t) dt , \quad (1)$$

где τ_K – интервал корреляции, с; $R(t)$ – автокорреляционная функция; t – время, с.

Методика исследований. Образцы из высокопрочного чугуна ВЧ500-3 (применяется в гидроприводе ГСТ–90 для изготовления наклонных шайб) и латуни ЛМцСКА 58-2-2-1-1 (применяется в ГСТ–90 для изготовления башмака плунжера) испытывались на машине трения по схеме «кольцо-кольцо» в среде гидравлического масла для объемных гидропередатчиков МГЕ-46В. Использовался датчик акустической эмиссии GT200, выходной сигнал которого поступал через узкополосный усилитель (средняя частота – 60 кГц) в USB-осциллограф и далее – в компьютер (см. рис. 1).

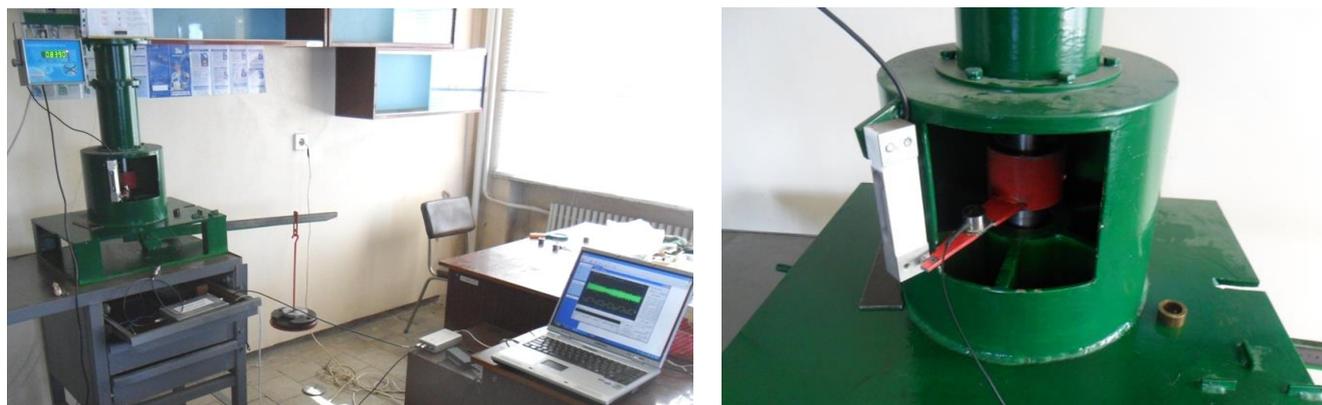


Рис. 1 – Оборудование и аппаратура для экспериментальных исследований

При изменении нагрузки от 500Н до 1500Н измерялись среднеквадратическое значение напряжения на выходе усилителя сигналов АЭ и коэффициент трения. Испытания осуществлялись при температурах масла от 42°С до 52°С, скорость скольжения – 0,5 м/с. При испытаниях регистрировались следующие параметры: нагрузка, температура масла, коэффициент трения, среднеквадратическое значение напряжения на выходе усилителя сигналов АЭ и интервал корреляции огибающей АЭ.

Как показано на рис. 2, при увеличении нагрузки интервал корреляции уменьшается, что можно объяснить увеличением количества пятен контакта. При дальнейшем увеличении нагрузки и переходе от смешанного к граничному трению (что подтверждается скачкообразным ростом коэффициента трения и среднеквадратического значения сигнала АЭ) интервал корреляции увеличивается, что может объясняться увеличением размеров пятен контакта,

длительности контактирования и процессами упругой и пластической деформации.

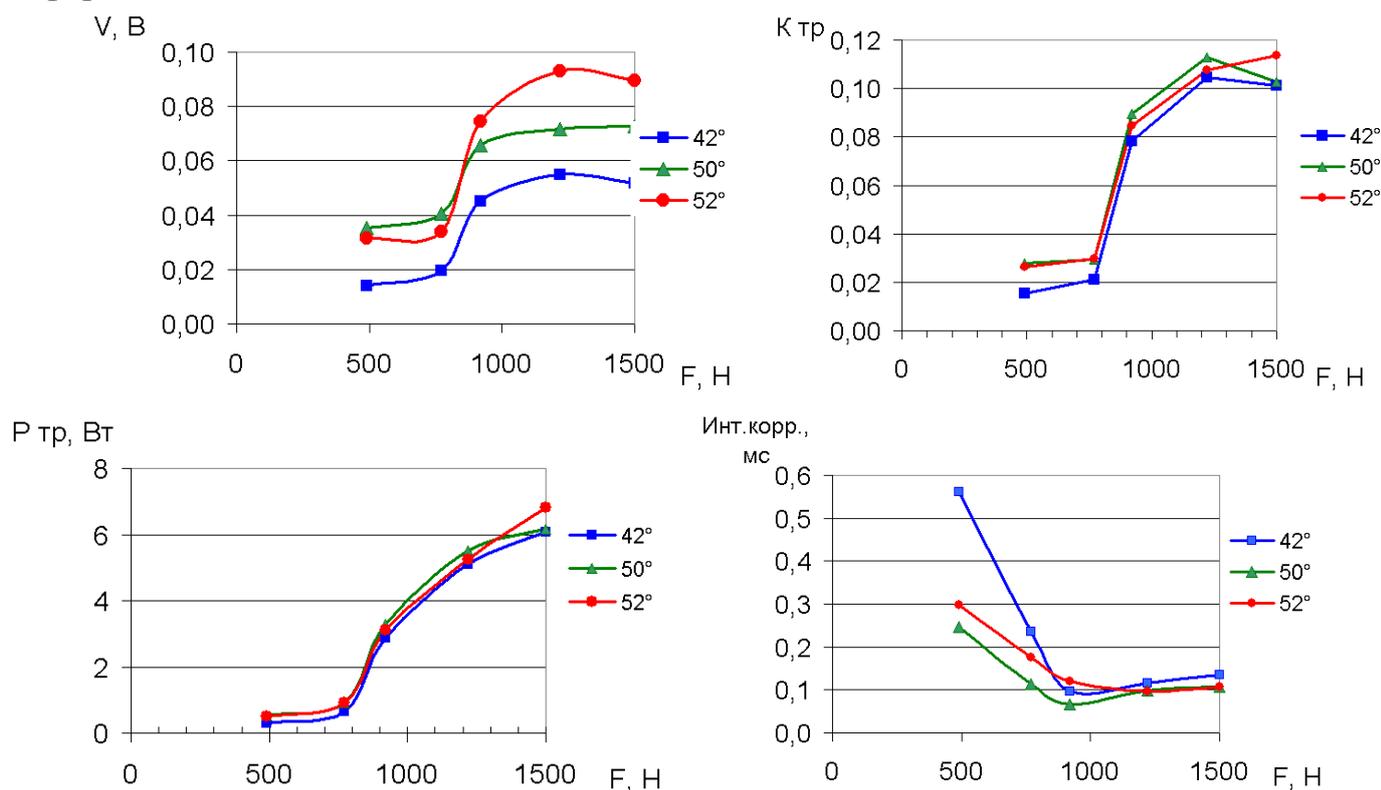


Рисунок 2 – Зависимости среднеквадратического значения напряжения, коэффициента трения, мощности трения и интервала корреляции от нагрузки.

Таким образом, зависимость интервала корреляции от номинального давления имеет экстремум. Диагностирование предлагается осуществлять, изменяя нагрузку в трибосистеме и наблюдая за изменением интервала корреляции при этом. Если изменение нагрузки приводит к изменению интервала корреляции в том же направлении, то имеет место граничное трение.

Поскольку зависимость интервала корреляции от номинального давления имеет экстремум, то экспериментальные данные разделялись на два набора (до и после экстремума, причем область экстремума включалась в оба набора). Для оценки статистической связи между указанными параметрами определен коэффициент согласованности множественных связей. Для всех наборов экспериментальных данных коэффициент согласованности находился в пределах 0,54–0,86, а вычисленные значения критериальной статистики превысили критическое значение (рассчитанное для уровня значимости 0,025). Это подтверждает возможность применения интервала корреляции огибающей АЭ для диагностирования трибосистемы скольжения.

Вывод. При диагностировании трибосистемы скольжения в качестве диагностического параметра предложено использовать интервал корреляции огибающей узкополосного сигнала АЭ. Этот диагностический параметр инвариантен к масштабированию сигналов АЭ по амплитуде, что упрощает диагностирование агрегатов в эксплуатации. Перспективным направлением

дальнейших работ является оценка скорости изнашивания с использованием данного диагностического параметра.

Список литературы

1. Амалицкий В. В. Надежность машин и оборудования лесного комплекса / В. В. Амалицкий, В. Г. Бондарь, А. М. Волобаев, А. С. Воякин – М. : МГУЛ, 2002. – 279 с.
2. Бабак В.П. Непрерывный контроль процессов трения и изнашивания на основе использования метода акустической эмиссии / В. П. Бабак, Войтов В. А., Стадниченко Н. Г. // Технологические системы, 2004. №2. - С. 42–46.
3. Філоненко С. Ф. Акустична емісія під час випробувань пар тертя з покриттям на зносостійкість / С. Ф. Філоненко, О. П. Космач // Наукоємні технології, 2011. № 3–4 (11–12). –С. 30–34.
4. Маленко П. И. Исследование методом акустической эмиссии поверхностей трения в условиях смазывания / П. И. Маленко // Конденсированные среды и межфазные границы, 2011. –Том 13, № 2, –С. 164–171.
5. Baran I. Application of acoustic emission in monitoring of failure in slide bearings / Ireneusz Baran, Marek Nowak, Wojciech Darski // J. Acoustic Emission, 25 (2007) . –P. 341–347.
6. Zykova L Identification of Contact Fatigue Stages with Acoustic Emission Method / L. Zykova, P. Mazal, L. Pazdera // ECNDT 2006, Poster 4. –P. 1–8.
7. Benabdallah H. S. Acoustic Emission and Its Relationship with Friction and Wear for Sliding Contact / H. S. Benabdallah, D. A. Aguilar // Tribology Transactions, , 2008. –Vol. 51: –P. 738–747.
8. Неразрушающий контроль. Справочник. Т. 7. Книга 2. Вибродиагностика / Под ред. В. В. Клюева. –М. : Машиностроение, 2005. – 493 с.

Анотація

ДІАГНОСТУВАННЯ ТРІБОСИСТЕМИ КОВЗАННЯ ЗА ІНТЕРВАЛОМ КОРЕЛЯЦІЇ ОБВІДНОЇ СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ Шевченко С.А.

Інтервал кореляції обвідної сигналів акустичної емісії є діагностичним параметром, інваріантним до масштабування сигналу по амплітуді. Це зменшує вплив виробничого розкиду амплітудно-частотних характеристик датчиків на результат діагностування.

Abstract

DIAGNOSING OF SKIDDING FRICTION SYSTEM ON CORRELATION INTERVAL OF ACOUSTIC EMISSION SIGNALS ENVELOPE

Shevchenko S.A.

Correlation interval of the envelope of acoustic emission signals a diagnostic parameters invariant to scale the signal amplitude. This reduces the effects of manufacturing variation of the amplitude-frequency characteristics of the sensors on the outcome of diagnosis.