

УДК 621.891:620.179

ЭНЕРГИЯ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ С УЧЕТОМ АДГЕЗИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ ТРИБОСОПРЯЖЕНИЯ

Литовка С.В., к.т.н., доц.

(Харьковский национальный технический университет
сельского хозяйства имени Петра Василенка)

Проведено теоретическое исследование энергии акустической эмиссии при взаимодействии микронеровностей как функции скорости скольжения и нагрузки в трибосопряжениях с учетом адгезионных процессов на поверхностях трения. Установлено, что энергия акустической эмиссии увеличивается при увеличении скорости скольжения и нагрузки в трибосопряжении. Показано, что влияние адгезии поверхностей при взаимодействии материалов сталь-бронза в режиме сухого трения при высоких скоростях скольжения и нагрузках незначительно.

Введение. Долговечность мобильных машин во многом определяется их интенсивностью изнашивания. В связи с возрастающими требованиями к надежности мобильных машин, расширением номенклатуры материалов важное значение приобретает разработка высокоинформативных методов и средств контроля состояния трибосопряжений как в лабораторных условиях, так и в условиях эксплуатации. Из анализа существующих методов и подходов к оцениванию трибологических свойств подвижных сопряжений известно, что для оценки параметров изнашивания наиболее пригодными являются разновидности акустического метода, а именно метод акустической эмиссии (АЭ) [1-3].

Анализ публикаций. Существуют следующие механизмы возникновения АЭ в металлах: ускоренное движение и размножение дислокаций, скольжение, двойникование, разрушение и размножение осажденных частиц, включений и частиц износа, некоторые коррозионные процессы, зарождение и рост микротрещин, скачки трещин и процесс трения при закрытии и открытии трещин [4].

В процессе взаимодействий поверхностей АЭ проявляется в изменении полей механических напряжений трибосопряжения, которые образуются в результате следующих процессов [4, 5]: удара микронеровностей друг о друга; в установления и разрушения адгезионного контакта; структурно-фазовых превращениях поверхностных слоев; при образовании микротрещины и образовании новых поверхностей.

Адгезионное притяжение между поверхностями, вызванное молекулярными силами, существенно влияет на характеристики контактного

взаимодействия твердых тел как при их нормальном нагружении, так и в контакте скольжения и качения, особенно на микро- и наномасштабных уровнях поверхностной шероховатости [6].

Классические модели дискретного контакта трибосопряжений [7, 8], как и многие другие, строились без учета адгезионного взаимодействия контактирующих тел, при том, что соответствующее теоретическое описание контактного взаимодействия гладких тел правильной геометрической формы разработаны достаточно давно [9, 10].

В действительности между любыми телами существуют относительно слабые и быстро убывающие с расстоянием силы взаимодействия, которые в большинстве случаев приводят к взаимному притяжению тел. Такие силы называют силами адгезии [11].

В 1934 г. Б.В. Дерягин [7] предложил двучленный закон трения: $T(N) = \mu \cdot (N + Z(N))$, где T – сила сопротивления скольжению; μ – коэффициент трения; N – сил сжатия поверхностей; Z – равнодействующая сил молекулярного притяжения между телами, зависящая от силы N .

В режиме сухого трения в процессе скольжения поверхностей как адгезионная, так и деформационная составляющие силы трения зависят главным образом от природы и механических свойств материалов трибосопряжений, а также от их микрогеометрии. При трении твердых тел, особенно металлов, с уменьшением шероховатости деформационная составляющая силы трения уменьшается, а адгезионная увеличивается [12].

Адгезия, являясь процессом электронного обмена, состоит из двух этапов: сближение на расстояние, необходимое для межатомного взаимодействия и самого электронного взаимодействия [13]. Адгезионные явления характеризуются наличием нескомпенсированных молекулярных сил на границе раздела фаз и обуславливают появление дополнительных сил притяжения между соприкасающимися телами. Уровень адгезии зависит от типа, прочности связи (металлическая, ковалентная, ионная, Ван-дер-Ваальсовая), площади контакта и оценивается по силе отрыва одного тела от другого.

Факторы, которые способствуют увеличению давления и площади контактной зоны, повышают вероятность возникновения адгезионных связей. С уменьшением скорости трения увеличивается время взаимодействия отдельных неровностей.

При описание шероховатых поверхностей используются стохастические модели, основанные на теориях контакта отдельных неровностей с учетом адгезионной составляющей: модель Джонсона-Кендала-Робертса (ДКР) [Джонсон], модель Дерягина–Муллера–Топорова (ДМТ) [14] и обобщающей их теория Можи-Дагдейла [15]. Детерминированные модели рассмотрены в [16].

В общем случае, когда силы адгезии контактирующих поверхностей небольшие и тела деформируются мало, то поведение системы хорошо

описывается моделью ДМТ [10]. При более высоких силах адгезионного взаимодействия и деформациях, при условии, что площадь контакта больше нуля, целесообразно использовать модель ДКР [9].

Однако анализ моделей адгезионного взаимодействия шероховатых поверхностей показывает, что представленные модели не позволяют оценить влияние адгезионной составляющей на величину энергии АЭ сопряжений в режиме сухого трения.

Цель работы. Целью данной работы является установление функциональной зависимости между скоростью скольжения, нагружением в трибосопряжении и энергией АЭ в условии динамического (ударного) взаимодействия микронеровностей с учетом адгезионных процессов на поверхностях трения.

Основная часть. В основу модели АЭ положено представление, в соответствии с которым суммарное количество энергии АЭ определяется энергиями импульсной релаксации упругих напряжений, выделяющимися при упругой деформации и адгезионном взаимодействии микронеровностей:

$$W_{AE} = \sum_{i=1}^{n_i} (W_i' + W_i''), \quad (1)$$

где W_i' – энергия АЭ при упругой деформации с учетом адгезионного взаимодействия упругих тел, обусловленная наличием поверхностных сил при сближении поверхностей, Дж; W_i'' – энергия АЭ при упругой деформации с учетом адгезионного взаимодействия упругих тел, обусловленная наличием поверхностных сил при разрыве контакта поверхностей, Дж; i – уровень сближения при контактировании микронеровностей; n_i – количество взаимодействующих микронеровностей на i -том уровне.

Среди моделей, учитывающих влияние адгезионных сил, наиболее часто используется модель ДКР. Будем пользоваться ее представлением при расчете адгезионной составляющей энергии АЭ.

При моделировании акустических свойств фрикционного контакта при сухом трении в основу было положено утверждение, что акустические сигналы возникают в результате ударного взаимодействия микронеровностей контактирующих тел (рис. 1).

Первая составляющая W_i' увеличивает площадь соприкосновения микронеровностей при их взаимодействии, а также величину сближения поверхностей (рис. 2, б) по сравнению с герцевским контактом (рис. 2, а). Вторая составляющая W_i'' обуславливает образование, так называемой, “шейки” (рис. 2, в) в контакте при удалении микронеровностей друг от друга.

После разрыва “шейки” происходит образование колебательного движения механической среды образовавшегося объема.

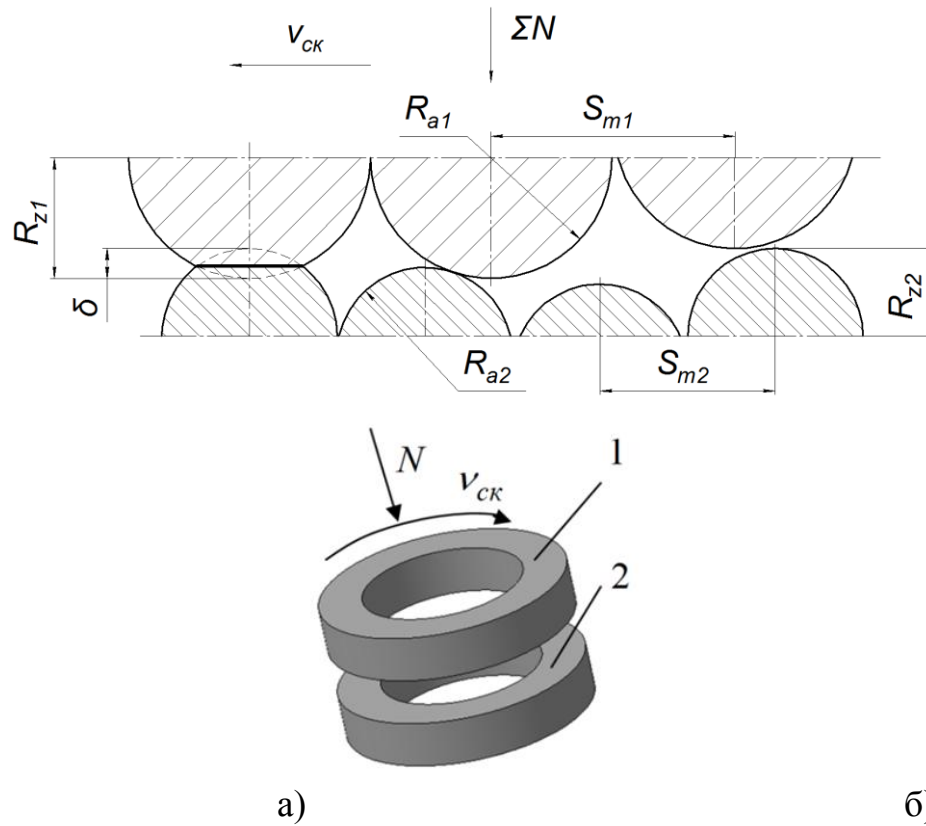


Рис. 1 – Схема модели контакта микронеровностей трибосопряжения:
 а) – контакт микронеровностей; б) моделируемая пара «кольцо – кольцо» (1 – стальной образец, 2 – бронзовый образец)

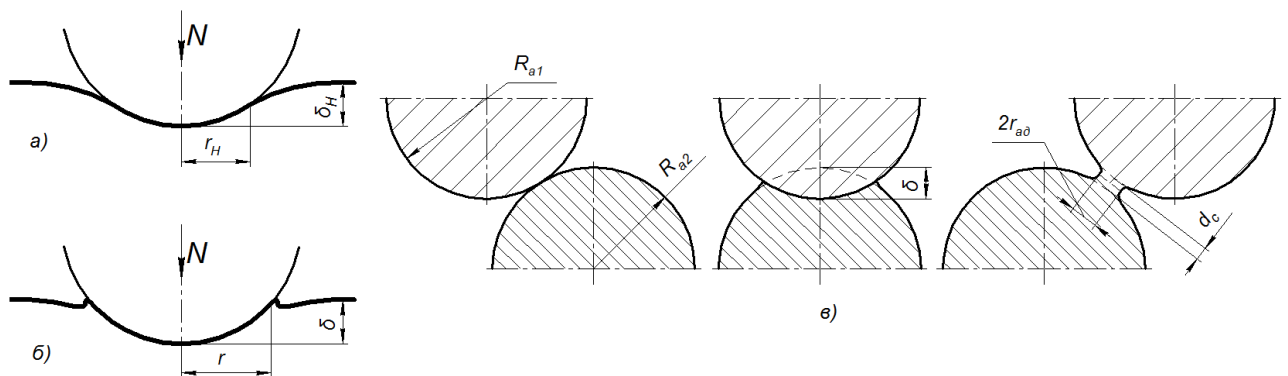


Рис. 2 – Схема контакта микронеровностей: а) модель Герца, б) модель ДКР, в) адгезионный контакт двух выступов

При выборе расчетных соотношений делаем следующие допущения: модель шероховатых поверхностей состоит из полусферических сегментов радиусом R_a , закрепленных на жестком основании; шаг между микронеровностями соответствует среднему шагу неровностей S_m ;

сближение двух поверхностей определяется нагрузкой N в трибосопряжении; ближайшие контакты не влияют друг на друга; распределение сферических сегментов таково, что воспроизводится реальное распределение материала по высоте шероховатого слоя; нагрузка прикладывается нормально относительно основания микронеровностей; в процессе взаимодействия выступов микронеровностей друг с другом происходит упругая деформация последних. Расчет производим численным методом.

Известно [15, 17], что контакт двух шероховатых упругих тел может быть заменен, без ограничения общности, контактом абсолютно жесткого тела и шероховатого упругого полупространства с приведенным упругим модулем.

Полную энергию колебательного движения механической среды, в данном случае микронеровности, можно представить следующей зависимостью [18]:

$$W_{yni} = 2 \cdot \pi^2 \cdot f_i^2 \cdot A_i^2 \cdot \rho \cdot V_i, \quad (2)$$

где f – частота колебаний микронеровности, c^{-1} ; A – амплитуда деформации, м; ρ – плотность материала, $кг/м^3$; V – объем деформируемого материала, $м^3$.

На основании данной формулы в работе [19] получена зависимость энергии АЭ при взаимодействии шероховатых поверхностей, представленных сферическими сегментами, от скорости скольжения и нагрузки в трибосопряжении, приведенная к единице времени:

$$W_{np}(\nu_{ck}, N) = \sum_{i=1}^m \left(\frac{2 \cdot \pi^3 \cdot f_i(\nu_{ck}, N_i)^2 \cdot \delta_i(N_i)^3 \cdot \sqrt{E \cdot \rho \cdot n_i}}{\left(R - \frac{1}{3} \cdot \delta_i(N_i) \right)^{-1}} \right), \quad (3)$$

где δ – сближение поверхностей, м; $R = (R_{a1} \cdot R_{a2}) / (R_{a1} + R_{a2})$ – приведенный радиус кривизны вершин микронеровностей [20], м; E – модуль упругости материала поверхности, Па; ν_{ck} – скорость скольжения микронеровностей, м/с; N – нагрузка в трибосопряжении, Н; n_i – количество взаимодействующих микронеровностей на i -том уровне; m – количество уровней.

Амплитуду деформации микронеровности в приведенной зависимости принимали равной сближению.

Для учета адгезии микронеровностей при взаимодействии поверхностей, воспользуемся моделью ДКР, тогда сближение будет равно [21]:

$$\delta_i = \delta_{yn} + \delta_{ad}, \quad (4)$$

где δ_{yn} – упругая составляющая сближения, м; δ_{ad} – адгезионная составляющая сближения, м.

Для наиболее часто используемой модели эквивалентной шероховатой поверхности сближение рассчитывается по формуле [20]:

$$\delta_{yni} = R_p \cdot \left(\frac{N_i}{\alpha \cdot H_m \cdot F_i \cdot t_m} \right)^{\frac{1}{v_m}}, \quad (5)$$

где R_p – высота сглаживания, $R_p = k \cdot R_a$, м; α – коэффициент, учитывающий вид контакта; H_m – твердость по Майеру, Па; F – контурная площадь контакта [18], м²; v_m, t_m – параметры опорной кривой [19].

При расчете необходимо учитывать свойства более мягкого материала и шероховатость более твердого.

Контурная площадь контакта, моделируемая сферическими сегментами шероховатых волн, определяется на основании выражения [12]:

$$F_i = 1,84 \cdot F_{\min} \cdot K_w \left(\frac{r_w}{R_w} \right)^{\frac{2}{4+2\delta_w}} \cdot \left(\frac{N_i}{F_{\min}} \cdot E_e \right)^{\frac{2}{2+2\delta_w}}, \quad (6)$$

где F_{\min} – номинальная площадь контакта по меньшей поверхности трения, м²; K_w и δ_w – коэффициенты, зависящие от свойств материала и от соотношения высоты волн и шероховатости; r_w – радиус кривизны волны, м; R_w – высота волны, м; E_e – приведенный модуль упругости [20], Па⁻¹.

Адгезионная составляющая сближения рассчитывается по формуле [21]:

$$\delta_{ad} ; \sqrt[3]{\frac{\pi \cdot \Delta\gamma^2 \cdot R}{E_e}}, \quad (7)$$

где $\Delta\gamma$ – относительная поверхностная энергия, Дж/м².

Представленный параметр характеризует вклад энергии АЭ при упругой деформации с учетом адгезионного взаимодействия упругих тел,

обусловленная наличием поверхностных сил при сближении поверхностей, W_i' в полную энергию АЭ системы.

Энергия АЭ при упругой деформации с учетом адгезионного взаимодействия упругих тел, обусловленная наличием поверхностных сил при разрыве контакта поверхностей, W_i'' рассчитываем аналогично зависимости (3). Только вместо объема полусферического сегмента следует принимать объем цилиндра “шейки”, который отрывается от микронеровностей (рис. 2, в). Объем цилиндра равен:

$$V_c = \pi \cdot r_{ad}^2 \cdot d_c, \quad (8)$$

где r_{ad} – критический радиус контакта, при котором происходит разрыв, м;
 d_c – критическое расстояние на котором происходит разрыв контакта, м.

Критический радиус контакта, при котором происходит разрыв [11]:

$$r_{ad} = \sqrt[3]{\frac{9 \cdot \Delta\gamma \cdot \pi \cdot R^2}{8 \cdot E_e}}. \quad (9)$$

Критическое расстояние на котором происходит разрыв контакта [11]:

$$d_c = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot \pi^2 \cdot \Delta\gamma \cdot R}{64 \cdot E_e^2}}. \quad (10)$$

Эта же величина характеризует амплитуду колебания деформированного объема.

После преобразования зависимости (3) с учетом (9)-(10) приведенная энергия АЭ при упругой деформации с учетом адгезионного взаимодействия упругих тел, обусловленная наличием поверхностных сил при разрыве контакта поверхностей, примет вид:

$$W_i'' = 2 \cdot \pi^3 \cdot f_i^2 \cdot d_c^2 \cdot r_{ad}^2 \cdot \sqrt{E \cdot \rho} \quad (11)$$

Моделирование проводится для пары «кольцо – кольцо» (рис. 1б), поверхности взаимодействуют плоскими сторонами. При этом, частота импульсов АЭ пропорциональна среднему количеству контактов в единицу времени [22]:

$$f_i = \frac{v_{ck} \cdot F_{\min}}{S_m^3} \cdot \int_0^{\delta_i} \left[\int_0^{R_{a1}} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_1} \cdot e^{-\frac{(x-M_1)^2}{2 \cdot \sigma_1^2}} dx \right] \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma_2} \cdot e^{-\frac{(x-M_2)^2}{2 \cdot \sigma_2^2}} dx, \quad (12)$$

где S_m – средний шаг микронеровностей по вершинам, м; M – математическое ожидание отклонения профиля, м; σ – среднее квадратическое отклонение профиля, м.

Подставляя в выражение (1) зависимости (3)-(11) и преобразуя их, получаем формулу, описывающую функциональную зависимость приведенной энергии АЭ, учитывающую адгезионное взаимодействие микронеровностей, от скорости скольжения и нагрузки в трибосопряжении:

$$W_{np}(v_{ck}, N) = \sum_{i=1}^m 2 \cdot \pi^3 \cdot f_i(v_{ck}, N_i)^2 \cdot \sqrt{E \cdot \rho} \cdot n_i \left(\delta_i(N_i)^3 \left(R - \frac{1}{3} \cdot \delta_i(N_i) \right) + d_c^2 \cdot r_{ad}^2 \right). \quad (13)$$

Для расчетов принимаем следующие данные: материал образцов Сталь 40Х – БрАЖ 9-4; радиус кривизны вершин острия микронеровности $R_{a1} = 0,8 \cdot 10^{-6}$; $R_{a2} = 0,4 \cdot 10^{-6}$ м; максимальная высота вершин микронеровностей, $R_{z1} = 1,6 \cdot 10^{-6}$ м, $R_{z2} = 1,2 \cdot 10^{-6}$ м; номинальная площадь контакта по меньшей поверхности трения, $F_{\min} = 0,15 \cdot 10^{-3}$ м²; средний шаг микронеровностей по вершинам, $S_m = 0,268 \cdot 10^{-3}$ м; математическое ожидание отклонения профиля, $M_1 = 0,8 \cdot 10^{-6}$ м, $M_2 = 0,4 \cdot 10^{-6}$ м; среднее квадратическое отклонение профиля, $\sigma_1 = 0,7 \cdot 10^{-6}$ м, $\sigma_2 = 0,35 \cdot 10^{-6}$ м; нагрузка в трибосопряжении, $N = 100..1000$ Н; коэффициент, учитывающий вид контакта, при упругом контакте $\alpha = 0,5$; твердость по Майеру, для бронзовой поверхности $H_m = 150$ МПа; параметры опорной кривой, для бронзовой поверхности $\nu = 3$, $t_m = 0,5$; модуль упругости материала сталь, $E_1 = 2,1 \cdot 10^{11}$ Па; модуль упругости материала бронзы, $E_2 = 1,1 \cdot 10^{11}$ Па; коэффициенты Пуассона материала сталь, $\mu_1 = 0,3$; коэффициенты Пуассона материала бронзы, $\mu_2 = 0,35$; коэффициенты, зависящие от свойств материала и от соотношения высоты волн и шероховатости, $K_w = 1,4$; $\delta_w = 1,3$; радиус кривизны волны, $r_w = 200 \cdot 10^{-6}$ м; высота волны, $R_w = 1,2 \cdot 10^{-6}$ м; плотность материала, $\rho = 7600$ кг/м³; скорость скольжения микронеровностей, $v_{ck} = 0..5$ м/с; относительная поверхностная энергия (сталь-бронза) $\Delta\gamma = 3,9$ Дж/м²; коэффициент (для подшипников скольжения) $k = 1,25$.

Результаты исследования. Результаты приведенной энергии АЭ и отношение приведенных энергий АЭ с учетом адгезии и без нее от скорости скольжения и нагрузки в трибосопряжении представлены на рисунке 3.

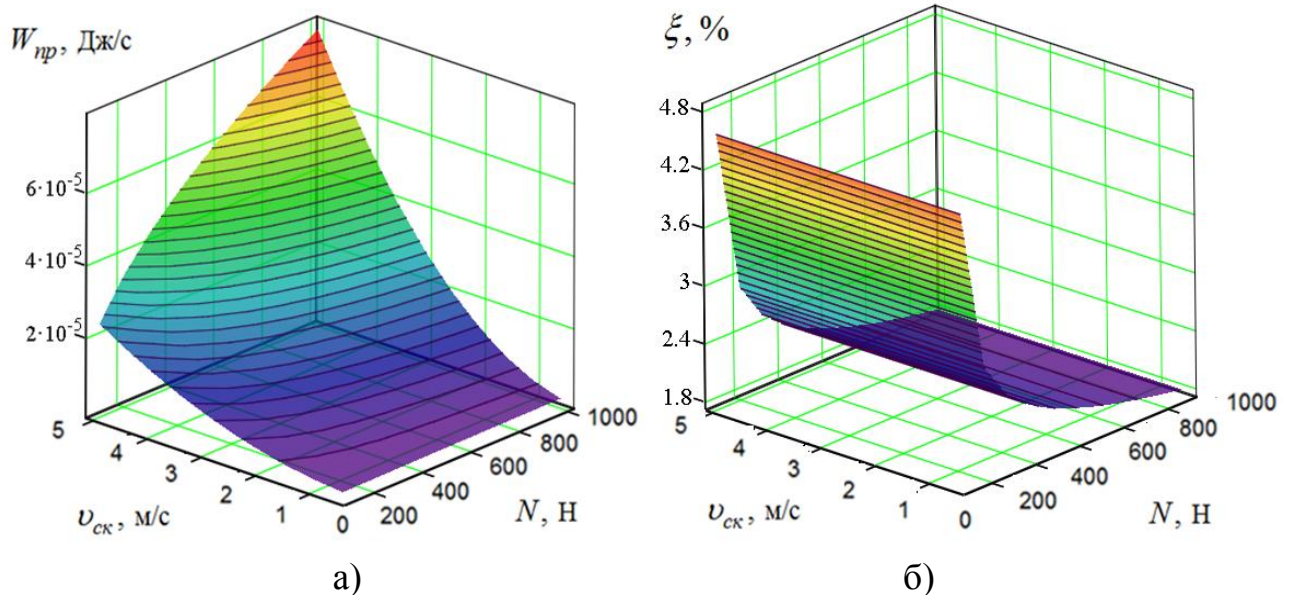


Рис. 3 – График зависимости приведенной энергии АЭ (а) и отношения приведенных энергий с учетом адгезии и без нее (б) от скорости скольжения и нагрузки в трибосопряжении

Отношение приведенных энергий АЭ выражено в процентах:

$$\xi = \frac{W_{np}}{W_{np \text{ ун}}} \cdot 100 - 100 \%, \quad (14)$$

где $W_{np \text{ ун}}$ – приведенная энергия АЭ без учета адгезионной составляющей (3), Дж/с.

Анализ зависимости (13) и графика на рисунке 3а показывает, что энергия АЭ увеличивается при увеличении нагрузки и скорости скольжения поверхностей. При увеличении скорости скольжения интенсивность приведенной энергии АЭ увеличивается и для представленных максимальных значений скорости скольжения и нагрузки в трибосопряжении достигает $7,97 \cdot 10^{-5}$ Дж/с.

Показано, что при изменении нагрузки в трибосопряжении в диапазоне от 0 Н до 1000 Н при скорости скольжения 5 м/с энергия АЭ увеличивается на два порядка. С увеличением скорости скольжения поверхностей увеличивается выделенная энергия АЭ. При этом, чем больше нагрузка, тем существенней влияние скорости скольжения на энергию АЭ.

Из анализа графика на рисунке 3б видно, что адгезионная составляющая энергии АЭ в заданном диапазоне нагрузки $N = 1..1000$ Н

изменяется незначительно. Наибольшее влияние силы адгезии оказывают при низких нагрузках и достигает 4,56 % при $N=1$ Н. Скорость скольжения поверхностей на величину адгезии в представленной модели не влияет.

Выводы. На основании теоретических исследований получена функциональная связь приведенной энергии АЭ при взаимодействии шероховатых поверхностей, моделируемых полусферическими микронеровностями, с учетом адгезионных процессов на поверхностях трения со скоростью скольжения поверхностей и нагрузкой в трибосопряжении.

Установлено, что при увеличении скорости скольжения и нагрузки в трибосопряжении увеличивается его энергия АЭ. Показано, что влияние адгезии поверхностей при взаимодействии материалов сталь-бронза в режиме сухого трения при высоких скоростях скольжения и нагрузках незначительно.

Список литературы

1. Рубцов В.Е. Использование акустической эмиссии для анализа процессов изнашивания при трении скольжения / В.Е. Рубцов, Е.А. Колубаев, А.В. Колубаев, В.Л. Попов // Письма в ЖТФ. – 2013. – Т. 39. – Вып. 4. – С. 79-84.
2. Маленко П.И. Исследование методом акустической эмиссии поверхностей трения в условиях смазывания / Конденсированные среды и межфазные границы. – 2011. – Т.13. – № 2. – С. 164—171.
3. Баранов А.В. Ультразвуковой мониторинг работы трибосопряжений / А.В. Баранов, С.В. Тарасевич, В.А. Вагнер // Ползуновский вестник. – 2012. – Вып. 1/1– С. 23-27.
4. Оглезлева Л.А. Акустические методы контроля и диагностики. Часть II / Л.А. Оглезлева, А.Н. Калиниченко. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 292 с.
5. Иванов В.И., Белов В.И. Акустико-эмиссионный контроль сварки и сварных соединений. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.
6. Горячева И.Г. Моделирование диссипации энергии и адгезионной составляющей силы трения при скольжении шероховатых упругих тел / Горячева И.Г., Маховская Ю.Ю. // Упругость и неупругость. Материалы Международного научного симпозиума по проблемам механики деформируемых тел, посвященного 100-летию со дня рождения А.А. Ильюшина (Москва, 20–21 января 2011 года) / Под ред. проф. И.А. Кийко, проф. Г.Л. Бровко, проф. Р.А. Васина. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2011. — 483 с.
7. Демкин Н.Б. Контактное трение шероховатых поверхностей / Н.Б. Демкин. – М.: Наука, 1970. – 227 с.

8. Greenwood, J.A. Contact of nominally flat surfaces / J.A. Greenwood, J.B.P. Williamson // Proc. Roy. Soc., Ser. A, V. A295, No. 1442, 1966. – P. 300–319.
9. Johnson K.L. Surface Energy and the Contact of Elastic Solids / K.L. Johnson, K. Kendall, A.D. Roberts // Proc. Roy. Soc., Ser. A, V. A324, No. 1558, 1971. – P. 301–313.
10. Derjaguin B.V. Effect of Contact Deformations on the Adhesion of Particles / B.V. Derjaguin, V.M. Muller, Yu.P. Toporov // J. Colloid and Interface Science, V. 53, Issue 2, 1975. – P. 314–326.
11. Попов В.Л. Механика контактного взаимодействия и физика трения. От нанотрибологии до динамики землетрясений. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. – 352 с.
12. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, Н.М. Добычин, В.С. Комбалов. – М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
13. Старков В.К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве. - М.: Машиностроение, 1989. - 296 с.
14. Свириденко А.И., Мышкин Н.К., Калмыкова Т.Ф. и др. Акустические и электрические методы в триботехнике. Минск: Наука и техника, 1987. – 280 с.
15. Maugis D. Contact, adhesion and rupture of elastic solids. – Berlin: Springer, 2000. – 414 p.
16. Галанов Б.А., Валеева И.К., Иванов С. М. и др. Модели адгезионного контакта упругих тел с регулярной шероховатостью. Развитие идей Л.А. Галина в механике. Сб. трудов, посвященных 100-летию Л.А. Галина. – Москва; Ижевск, 2013. – С. 244–279.]
17. Джонсон К. Механика контактного взаимодействия. – Москва: Наука, 1989. – 510 с.
18. Воронкин А.С. Линейные колебания и волны: Введение в акустику: уч. пособ. – Луганськ: СПД Резніков В.С., 2012. – 224 с.
19. Литовка С.В. Оценка энергии акустической эмиссии в процессе взаимодействия микронеровностей трибосопряжения // Науковий журнал Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2016. – №6. – С. 234-239.
20. Основы трибологии (трение, износ, смазка): Учебник для вузов. 2-е изд. переработ, и доп. / А.В. Чичинадзе, Э.Д. Браун, Н.А. Буше и др.; Под общ. ред. А.В. Чичинадзе. М.: Машиностроение, 2001. - 664 с.
21. Etienne Barthel. Adhesive elastic contacts – JKR and more. J. Phys. D: Appl. Phys., 2008, 41, pp.163001. <<https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00256886>>
22. Войтов В.А. Влияние скорости скольжения и нагрузки в трибосопряжении на частоту импульсов акустической эмиссии / В.А. Войтов,

С.В. Литовка // Науковий журнал Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. – 2015. – №3. – С. 234-239.

Анотація

**ЕНЕРГІЯ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ З УРАХУВАННЯМ АДГЕЗІЙНОЇ
ВЗАЄМОДІЇ МІКРОНЕРІВНОСТЕЙ ТРІБОСПОЛУЧЕННЯ**

Літовка С.В.

Проведене теоретичне дослідження енергії акустичної емісії при взаємодії мікронерівностей як функції швидкості ковзання та навантаження в трібосполученнях з урахуванням адгезійних процесів на поверхнях тертя. Встановлено, що енергія акустичної емісії збільшується при збільшенні швидкості ковзання та навантаження в трібосполученні. Показано, що вплив адгезії поверхонь при взаємодії матеріалів сталь-бронза в режимі сухого тертя при високих швидкостях ковзання та навантаженнях незначне.

Abstract

**ENERGY OF ACOUSTIC EMISSIONS IN VIEW OF ADHESIVE
INTERACTION OF MICROASPERITIES OF TRIBOCONTACT**

Litovka S.

A theoretical study of the energy of acoustic emission as a function of sliding speed and load in the friction units in view of adhesive processes on friction surfaces has been conducted. It is shown that the energy of the acoustic emission increases with increasing sliding speed and load in the friction units. It is established that the effect of the adhesion of surfaces is negligible in the interaction of materials steel-bronze in a mode of dry friction at high loads and sliding speeds.