



Филоненко С.Ф., Стахова А.П., Кравченко В.Г.

Национальный авиационный университет. Украина, Киев

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ АКУСТИЧЕСКОЙ ЭМИССИИ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ОБЪЕМА МАТЕРИАЛА, ВСТУПИВШЕГО В ПЛАСТИЧЕСКУЮ ДЕФОРМАЦИЮ

Анотація

Розглянуто результати моделювання результуючого сигналу акустичної емісії в процесі нормального і катастрофічного зношування пар тертя. Отримано, що на стадії нормального зношування усереднені параметри сигналів акустичної емісії описуються лінійною функцією з певним їх розкидом. На стадії катастрофічного зношування при зростанні напружень і деформації відбувається зростання усереднених значень параметрів результуючого сигналу та збільшення їх розкиду. При зростанні об'єму матеріалу, що вступив в пластичну деформацію, спостерігається зростання усереднених значень параметрів результуючого сигналу та зменшення їх розкиду. В обох випадках залежність зміни усереднених параметрів результуючого сигналу в часі описується степеневою функцією з різними значеннями показника степеня.

Abstract

The simulation of acoustic emission resulting signal is reviewed during normal and catastrophic wear of pair friction. It is obtained, that at the stage of normal wear the average parameters of acoustic emission signals are described of linear functions with their definite variation. At the stage of catastrophic wear at ascending stresses and deformations there are growth of average values of resulting signal parameters and increase of their variation. At growth a volume of material that entering into a plastic deformation, there is growth average values of resulting signal parameters and decreasing of their variation is watched. In both cases dependence of change the mean parameters resulting signal in time is described by an exponential function with different values of exponent.

Введение

При проведении технической диагностики и мониторинга узлов трения важным является установление основных закономерностей изменения процессов излучения и параметров сигналов акустической эмиссии (АЭ). В первую очередь, это относится к выявлению перехода узла трения от стадии нормального, к стадии катастрофического

изнашивания. В данном отношении значительный интерес имеют не только эмпирические закономерности, но и результаты теоретических исследований, которые позволяют формировать представления об особенностях излучения сигналов АЭ в зависимости от механизмов, порождающих данные сигналы. На основе таких представлений возможно идентифицировать процессы, происходящие в поверхностных слоях материалов пар трения и своевременно предотвращать их разрушение.

Модели сигналов АЭ при изнашивании поверхностных слоев материалов [1] и результаты их моделирования [2] показали различие сигналов АЭ при разрушении вторичных структур I и II типа, связанных с развитием трещин и протеканием пластической деформации [3–5]. При изменении внешних условий трения (изменении величины начального напряженно-деформированного состояния), времени развития разрушения вторичных структур I и II типа (скорости вращения пар трения), а также последовательности их разрушения по результатам моделирования установлены основные закономерности изменения формы и параметров результующего сигнала АЭ.

Моделирование сигналов АЭ с определением основных закономерностей изменения их параметров с учетом кинетики протекания процессов трения рассмотрено в работе [6]. При этом было показано, что увеличение износа, ведущего к постепенному возрастанию напряженно-деформированного состояния поверхностных слоев материалов, приводит к постепенному увеличению амплитуды результующего сигнала АЭ, а также величины ее разброса. Кроме того, было установлено, что при переходе от стадии нормального к стадии катастрофического изнашивания происходит трансформация зависимости изменения средней амплитуды результующего сигнала АЭ — наблюдается переход от линейной к степенной функции. При этом, чем выше уровень напряжений и деформаций на стадии катастрофического изнашивания, тем более резкое возрастание средней амплитуды результующего сигнала АЭ и, как следствие, возрастание показателя степени аппроксимирующего выражения для средней амплитуды сигнала АЭ.

Однако, учитывая, что развитие пластической деформации определяется физико-механическими характеристиками элементарных объемов в области разрушения вторичных структур I типа, распределением полей напряжений и другими факторами, то в реальных условиях на стадии катастрофического изнашивания поверхностных слоев материалов пары трения может происходить постепенное увеличение объема материала, вступившего в пластическую деформацию без увеличения роста трещин. Поэтому, представляет интерес исследование закономерностей изменения параметров результирующего сигнала АЭ на стадии катастрофического изнашивания при отмеченных условиях.

В настоящей работе будет проведено моделирование результирующих сигналов АЭ с учетом увеличения объемов разрушения поверхностных слоев материалов на стадии катастрофического изнашивания. При этом будет показано, что с увеличением объема материала, вступившего в пластическую деформацию на стадии катастрофического изнашивания, приводит к возрастанию амплитуды сигналов АЭ при разрушении вторичных структур I типа. При заданном напряженно-деформированном состоянии это приводит к резкому возрастанию амплитуды результирующего сигнала, а так же уменьшению ее разброса. Также будет показано, что следствием этого является более резкое возрастание кинетической закономерности изменения средней амплитуды результирующего сигнала и возрастание показателя степени ее аппроксимирующей функции.

Теоретические исследования

Моделирование сигналов АЭ с учетом кинетики протекания процессов разрушения на стадии нормального и катастрофического изнашивания [6] проводилось при условии возрастания напряжений и деформаций в поверхностных слоях материала. При этом основывались на том, что переход к стадии катастрофического изнашивания характеризуется возрастанием интенсивности изнашивания $dH/dL_T(dH/dt)$, где H — износ; L_T — путь трения; t — время. Причем интенсивность изнашивания во времени или от длины пути трения возрастает с ускорением до выхода пары трения из рабочего состояния.

При моделировании результирующего сигнала так же считалось, что основными факторами, влияющими на процессы излучения сигналов АЭ, являются время разрушения вторичных структур I и II типа, а так же напряжения и деформации. Однако на стадии катастрофического изнашивания возрастание напряжений и деформаций, в первую очередь, может быть обусловлено увеличением объема материала, вступившего в пласти-

ческую деформацию [7]. Нас интересует, прежде всего, пластическая деформация, так как рост и образование макротрещин, может приводить к мгновенному выходу узла трения из эксплуатации (его разрушению). В тоже время, постепенное развитие пластической деформации или постепенное увеличение объема материала, вступившего в пластическую деформацию, является опасным, но менее критическим фактором.

Объем материала, вступившего в пластическую деформацию, безусловно, будет влиять на параметры результирующего сигнала АЭ. Действительно, при построении моделей сигналов АЭ в условиях динамических видов нагружения [1], а именно трении поверхностных слоев материалов, использованы физические подходы, которые приняты в моделях сигналов АЭ в условиях статических видов нагружения [8, 9]. При этом в выражение для сигнала АЭ, формируемого при разрушении вторичных структур I типа, которое имеет вид [1]

$$U_d(t) = U_{0d} \epsilon_{0d} e^{rt} e^{-B\epsilon_{0d} e^{rt}}, \quad (1)$$

где $U_{0d} = a_0 M \frac{v_d}{\ell_0} \delta_d$ — амплитуда смещения, которая зависит от физико-механических характеристик материала; a_0 — амплитуда импульса одиночного возмещения при движении дислокации (постоянна и не зависит от деформации); ℓ_0 — расстояние между двумя актами излучения одиночной дислокации; v_d — средняя скорость движения дислокаций (считается постоянной); ϵ_{0d} — начальная относительная деформация;

$\delta_d = \int_{t-\delta_1/2}^{t+\delta_1/2} a_1(\tau) d\tau$ — средняя длительность импульса возмущения; $a_1(\tau)$ — функция, которая определяет форму импульса возмущения (является неизменной); M, B, r — постоянные (зависят от физико-механических характеристик материалов), входит параметр распределения плотности подвижных дислокаций M . Для материала с заданными физико-механическими характеристиками максимальная плотность образующихся подвижных дислокаций определяется объемом материала (V_D), вступившего в пластическую деформацию, т.е. ($M \sim V_D$). Отсюда следует, что чем больше объем материала, вступившего в пластическую деформацию, тем больше амплитуда сигнала АЭ, согласно (1).

Так как результирующий сигнал АЭ, в соответствии с [2, 6], с учетом динамической смены площадок контакта и уменьшением времени разрушения вторичных структур I и II

типа, представляется в виде суммы сигналов, возникающих в случайные моменты времени

$$U'(t) = \sum_i U_T(t - t_i) + \sum_j U_d(t - t_j), \quad (2)$$

где t_i, t_j — случайные моменты времени появления сигналов АЭ $U_T(t)$ и $U_d(t)$ при разрушении вторичных структур, соответственно, I и II типа, или с учетом аналитических выражений составляющих в (2) в виде

$$U'(t) = \sum_i U_0 \delta_0 \sigma_{0e}^3 e^{4z(t-t_i)} e^{-b\sigma_{0e} z(t-t_i)} + \sum_j U_{0d} \epsilon_{0d} e^{r(t-t_j)} e^{-B\epsilon_{0d} r(t-t_j)}, \quad (3)$$

где $U_0 = kN_0cz$ — максимально возможное смещение при разрушении без дисперсного по прочности поверхностного слоя материала; k — коэффициент пропорциональности; N_0 — количество элементарных объемов в области разрушаемого поверхностного слоя материала; c, b — коэффициенты распределения элементарных объемов по прочности (зависят от физико-механических характеристик материала; σ_{0e} — начальные эквивалентные напряжения на этапе нормального изнашивания; t — время; $z = E/\xi$; ξ — коэффициент

вязкости; E — модуль упругости; $\delta_0 = \int_{t-\delta/2}^{t+\delta/2} \alpha(\tau) d\tau$ —

средняя длительность возмущения при разрушении элементарного объема; $\alpha(\tau)$ — функция, которая определяет форму одиночного импульса возмущения (одинакова для всех элементарных объемов), то безусловно, увеличение амплитуды одной из составляющих в (2) будет приводить к возрастанию амплитуды результирующего сигнала АЭ.

Проведем моделирование результирующего сигнала АЭ, согласно (3), на стадии нормального и катастрофического изнашивания при условии изменения, как напряженно-деформированного состояния ($\sigma_{0e}, \epsilon_{0d}$), так и объема материала (V_D) вступившего в пластическую деформацию. При этом будем считать, что в процессе работы пары трения возрастание, как напря-

жений и деформаций, так и объема материала, вступившего в пластическую деформацию, происходит без изменения механизмов изнашивания, т.е. при разрушении вторичных структур I и II типа. Поэтому моделирование результирующих сигналов АЭ будем осуществлять по выбранному сценарию последовательного разрушения вторичных структур I и II типа с определенным и неизменным временным промежутком (0,00001 в относительных единицах). Например, разрушение вторичных структур I и II типа происходит по сценарию — II, I, II, I, II, I, I, I, II, I, I, II, ... и т.д.

Типичный результат такого моделирования в виде графика зависимости изменения $\tilde{U}(t) = U'(t)/U_{\max}$ в относительных единицах, где U_{\max} принято равным $U_{\max} = 12$ в безразмерных величинах, показан на рис. 1. При построении графика время нормировано на время действия нагрузки на пару трения, которое составляет t_{\max} . Параметры $\sigma_{0e}, \epsilon_{0d}, b$ и B приведены к безразмерным величинам. При этом считалось, что объем V_D материала, вступившего в пластическую деформацию, имеет единичную безразмерную величину, $V_D = 1$.

Моделирование результирующего сигнала проводили для стадия нормального изнашивания (1, рис.1) при некоторых начальных напряжениях σ_{0e} и деформациях ϵ_{0d} и для стадия катастрофического изнашивания (2, 3, 4, 5, 6, рис. 1), где происходило возрастание напряжений и деформаций. По достижении конкретного значения напряжений и деформаций их величины оставались неизменными в пределах некоторого времени. Так, например, на этапе 2 стадии катастрофического

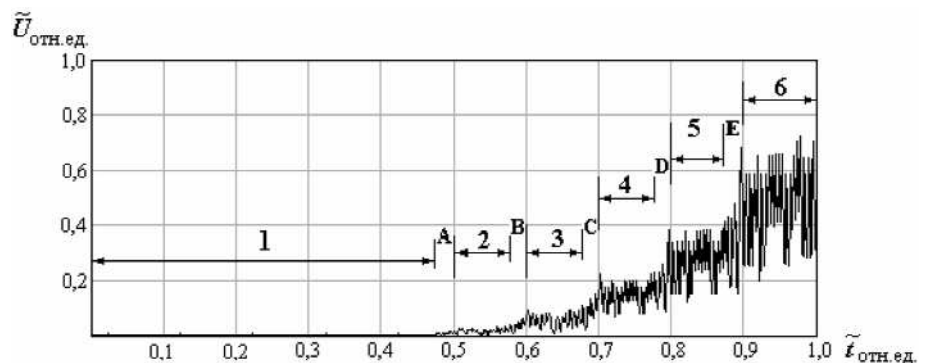


Рис. 1. Моделирование результирующего сигнала АЭ на стадии нормального и катастрофического изнашивания при разрушении вторичных структур I и II типа в зависимости от величины значений напряжений и деформаций, согласно (3): 1 — стадия нормального изнашивания; 2, 3, 4, 5, 6 — стадия катастрофического изнашивания. Значения σ_{0e} и ϵ_{0d} : 1 — $\sigma_{0e}=1, \epsilon_{0d}=1$; 2 — $\sigma_{0e}=2, \epsilon_{0d}=2$; 3 — $\sigma_{0e}=3, \epsilon_{0d}=3$; 4 — $\sigma_{0e}=4, \epsilon_{0d}=4$; 5 — $\sigma_{0e}=5, \epsilon_{0d}=5$; 6 — $\sigma_{0e}=6, \epsilon_{0d}=6$. $b=B=10$. Объем V_D материала, вступившего в пластическую деформацию, имеет единичную безразмерную величину, $V_D = 1$. A, B, C, D, E — участки плавного нарастания напряжений и деформаций. Шаг приращения времени начала разрушения каждой последующей структуры I или II типа составляет 0,00001 в относительных единицах. $\tilde{U}_{отн.ед.}$ — нормированное значение на U_{\max} . $t_{отн.ед.}$ — нормированное значение на $t_{\max} = const$

изнашивания их значения (в безразмерных величинах) составляли $\sigma_{0e}=2$, $\varepsilon_{0d}=2$ и оставались постоянными на интервале времени (в относительных единицах) $0,5 < t \leq 0,57$. На этапе 3, соответственно, $\sigma_{0e}=3$, $\varepsilon_{0d}=3$ в пределах интервала времени $0,6 < t \leq 0,67$ и т.д. (рис. 1). В промежутках между этапами изнашивания, что отмечено на рис. 1 в виде участков *A, B, C, D, E*, осуществлялось плавное возрастание напряжений и деформаций от значения предыдущего этапа до значения последующего этапа. Так, например, на участке *A* происходило постепенное возрастание напряжений и деформаций от значений $\sigma_{0e}=1$, $\varepsilon_{0d}=1$ до значений $\sigma_{0e}=2$, $\varepsilon_{0d}=2$. На следующем участке *B* — от значений $\sigma_{0e}=2$, $\varepsilon_{0d}=2$ до значений $\sigma_{0e}=3$, $\varepsilon_{0d}=3$ и т.д. При этом шаг приращения напряжений и деформаций на всех участках *A, B, C, D, E* составлял $\Delta\sigma_{0e}=0,2$, $\Delta\varepsilon_{0d}=0,2$.

Проведенное моделирование показало, что результирующий сигнал АЭ (рис. 1) представляет собой непрерывный сигнал. При заданном начальном напряженно-деформированном состоянии на стадии нормального изнашивания (1, рис. 1) процесс излучения сигналов АЭ характеризуется некоторой средней амплитудой и минимальным ее разбросом. Однако при возрастании напряжений и деформаций, что обуславливает переход к стадии катастрофического изнашивания (участок *A* и этап 2, рис. 1), наблюдается возрастание средней амплитуды результирующего сигнала АЭ и увеличение ее разброса. Подобный характер изменения параметров результирующего сигнала АЭ фиксируется и на последующих этапах возрастания напряжений и деформаций на стадии катастрофического изнашивания (*B, 3, C, 4, D, 5, E, 6*, рис. 1).

При моделировании результирующего сигнала АЭ (рис. 1) считалось, что процесс трения на стадии катастрофического изнашивания происходит без изменения объема материала, вступившего в пластическую деформацию. При этом было принято, что его значение является единичным (в безразмерных величинах), т.е. $V_D = 1$. Однако, как отмечено выше, развитие пластической деформации определяется физико-механическими характеристиками элементарных объемов в области разрушения вторичных структур I типа, распределением полей напряжений и другими факторами. Поэтому в реальных условиях на стадии катастрофического изнашивания поверхностных слоев материалов пары трения может происходить постепенное увеличение объема материала, вступившего в пластическую деформацию. С точки зрения процесса формирования сигналов АЭ это означает, что с увеличением объема материала, вступившего в пластическую деформацию, будет увеличиваться плотность образующихся подвиж-

ных дислокаций. Следствием этого, согласно (1), должна возрастать и амплитуда сигнала АЭ, при разрушении вторичных структур I типа. С другой стороны, возрастание амплитуды данных сигналов АЭ, в соответствии с [2], должно происходить уменьшение разброса амплитуд результирующего сигнала.

Проведем моделирование результирующего сигнала АЭ при тех же самых условиях, что и для сигнала, показанного на рис. 1, но при увеличении объема материала V_D , вступившего в пластическую деформацию. Результат такого моделирования в виде графика зависимости изменения $\tilde{U}(t) = U(t)/U_{\max}$ в относительных единицах, где U_{\max} принято равным $U_{\max} = 12$ в безразмерных величинах, показан на рис. 2. При построении графика время нормировано на время действия нагрузки на пару трения, которое составляет t_{\max} . Параметры σ_{0e} , ε_{0d} , b и B приведены к безразмерным величинам. При этом считалось, что объем V_D материала, вступившего в пластическую деформацию, на этапах 1, 2 и 3 имеет единичную безразмерную величину, $V_D = 1$, а на этапах 4, 5 и 6, соответственно, $V_D = 3$, $V_D = 10$, $V_D = 20$.

Сценарий разрушения вторичных структур I и II типа, значения напряжений и деформаций на этапах 1, 2, 3, 4, 5, 6 (рис. 2), их длительность по времени, постепенное возрастание напряжений и деформаций на участках *A, B, C, D, E* (рис. 2) между этапами, а так же шаг их приращений остаются без изменения, и соответствуют условиям моделирования результирующего сигнала АЭ, приведенного на рис. 1.

Из полученных данных видно, результирующий сигнал АЭ (рис. 2) так же представляет собой непрерывный сигнал. При заданном начальном напряженно-деформированном состоянии на стадии нормального изнашивания (1, рис. 2) процесс излучения сигналов АЭ характеризуется некоторой средней амплитудой и минимальным ее разбросом. Однако при переходе к стадии катастрофического изнашивания (участок *A* и этап 2, рис. 2) с возрастанием напряжений и деформаций наблюдается возрастание средней амплитуды результирующего сигнала АЭ и увеличение ее разброса. Подобный характер изменения параметров результирующего сигнала АЭ фиксируется и на последующих этапах возрастания напряжений и деформаций (*B, 3, C, 4, D, 5, E, 6*, рис. 2). В тоже время, на этапах 4, 5 и 6 (рис. 2), где происходит возрастание объема материала V_D , вступившего в пластическую деформацию, по сравнению с теми же этапами для сигнала с $V_D = 1$ (рис. 1), наблюдается возрастание амплитуды результирующего сигнала АЭ. При этом фиксируется и уменьшение ее разброса. Это обусловлено, тем,

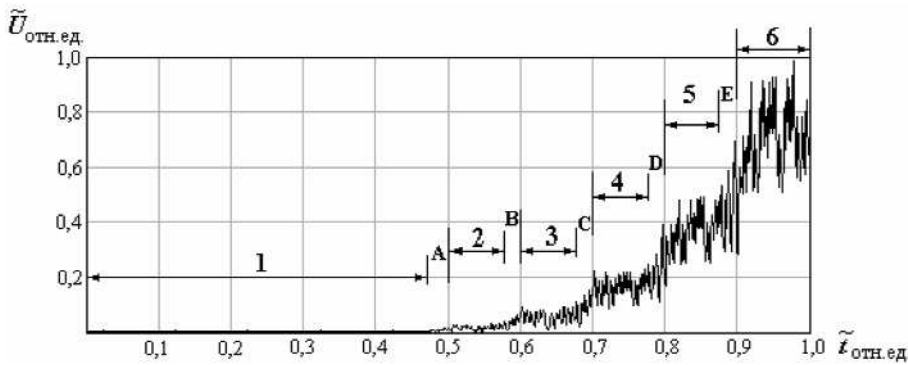


Рис. 2. Моделирование результирующего сигнала АЭ на стадии нормального и катастрофического изнашивания при разрушении вторичных структур I и II типа в зависимости от величины значений напряжений и деформаций, согласно (3): 1 – стадия нормального изнашивания; 2, 3, 4, 5, 6 – стадия катастрофического изнашивания. Значения σ_{0e} и ε_{0d} : 1 – $\sigma_{0e}=1, \varepsilon_{0d}=1$; 2 – $\sigma_{0e}=2, \varepsilon_{0d}=2$; 3 – $\sigma_{0e}=3, \varepsilon_{0d}=3$; 4 – $\sigma_{0e}=4, \varepsilon_{0d}=4$; 5 – $\sigma_{0e}=5, \varepsilon_{0d}=5$; 6 – $\sigma_{0e}=6, \varepsilon_{0d}=6$. $b=B=10$. Объем V_D материала, вступившего в пластическую деформацию, в безразмерных величинах: этапы 1, 2 и 3 – $V_D = 1$; этап 4 – $V_D = 3$; этап 5 – $V_D = 10$; этап 6 – $V_D = 20$. A, B, C, D, E – участки плавного нарастания напряжений и деформаций. Шаг приращения времени начала разрушения каждой последующей структуры I или II типа составляет 0,00001 в относительных единицах. $\tilde{U}_{отн.ед.}$ – нормированное значение на U_{max} . $\tilde{t}_{отн.ед.}$ – нормированное значение на $t_{max} = const$

что при одинаковых условиях напряженно-деформированного состояния амплитуда сигналов АЭ от разрушения вторичных структур II типа имеет большую величину, чем от разрушения вторичных структур I типа [1]. Поэтому верхний уровень амплитуды результирующего сигнала будет определяться амплитудой сигнала вторичной структуры II типа, а нижний уровень – амплитудой сигнала вторичной структуры I типа. Если начальные напряжения и деформации имеют минимальную величину, то амплитуды сигналов АЭ при разрушении обоих структур имеют не значительные различия (на порядок). В результате наложения сигналов их вклад в амплитуду результирующего сигнала будет соизмерим. Поэтому разброс амплитуды результирующего сигнала будет иметь минимальное значение, что и наблюдается в результатах моделирования (этап 1, рис. 1, рис. 2). С увеличением напряжений и деформаций разница в амплитуде сигналов АЭ при разрушении вторичных структур I и II типа возрастает – амплитуда для сигнала от структуры II типа возрастает, а от структуры I типа не изменяется [1]. Поэтому вклад амплитуды сигнала от разрушения вторичной структуры I типа в результирующий сигнал АЭ уменьшается. Это приводит к возрастанию величины разброса амплитуды результирующего сигнала АЭ (рис. 1, рис. 2).

В тоже время, с увеличением объема материала V_D , вступившего в пластическую деформацию, происходит возрастание амплитуды сигнала АЭ от разрушения вторичной структуры I типа. Естественно, что такое увеличение амплитуды будет приводить к возрастанию ее вклада в результирующий сигнал АЭ, т.е. увеличению средней амплитуды и нижнего уровня амплитуды результирующего сигнала. При таких условиях, должно происходить уменьшение разброса амплитуды результирующего сигнала, что и наблюдается в полученных результатах (этапы 4, 5 и 6 рис. 2).

Анализ результатов моделирования сигналов АЭ (рис. 1, рис. 2) с использованием математических приложений под Windows показал следующее. Зависимости изменения средней амплитуды результирующих сигналов АЭ в относительных единицах, соответственно, 1 (рис. 3) для сигнала рис. 1 и 2 (рис. 3) для сигнала рис. 2, описываются выражением вида

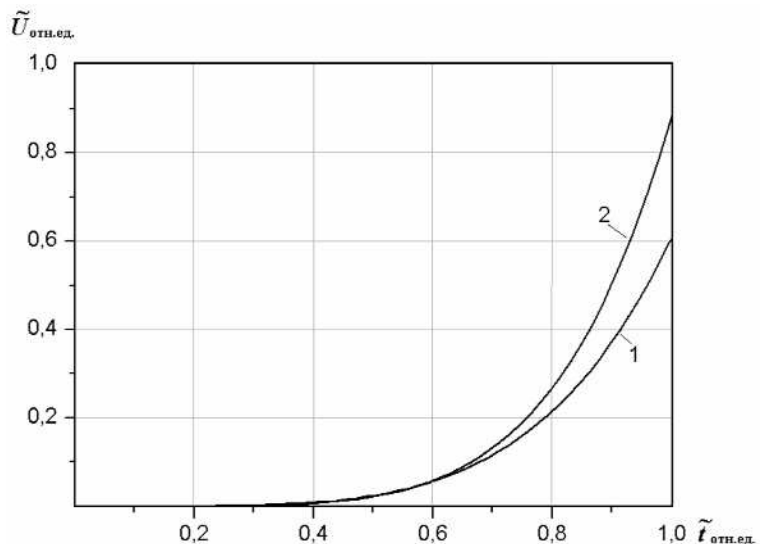


Рис. 3. Зависимости изменения усредненной амплитуды модельных результирующих сигналов АЭ на стадиях нормального и катастрофического изнашивания: 1 – для сигнала, приведенного на рис. 1; 2 – для сигнала, приведенного на рис. 2

$$\tilde{U}_{\text{отн.ед.}} = Gt^W, \quad (4)$$

где значения коэффициентов G и W , соответственно, для сигнала рис. 1 (1, рис. 3) равны: $G = 0,58$ и $W = 4,3$, а для сигнала рис. 2 (2, рис. 3) — $G = 0,88$ и $W = 5,3$.

В то же время, при анализе средней амплитуды результирующих сигналов АЭ по стадиям определено, что на стадии нормального изнашивания (этап 1, рис. 1, рис. 2), которая находится в диапазоне времен $0 < t \leq 0,47$, среднее значение амплитуды результирующих сигналов АЭ описывается выражением $\tilde{U}_{\text{отн.ед.}} = A + Bt$; где значения коэффициентов A и B для обоих сигналов, соответственно, равны: $A = 0,004$ и $B = 0,00003$. На стадиях катастрофического изнашивания (этапы 2, 3, 4, 5, 6, рис. 1 и рис. 2), которые находятся в диапазоне времен $0,46 < t \leq 1,0$, средние значения амплитуд результирующих сигналов АЭ описываются выражением (4) с практически теми же значениями коэффициентов G и W .

Заключение

Таким образом, результаты проведенного моделирования показали, что на стадии нормального изнашивания при заданных значениях напряжений и деформаций средняя амплитуда результирующего сигнала АЭ описывается линейной функцией. В то же время, при возрастании напряжений и деформаций, что соответствует переходу и дальнейшему развитию стадии катастрофического изнашивания, зависимость изменения средней амплитуды результирующих сигналов АЭ описывается уже степенной функцией. При этом, очевидно, что чем выше уровень значений напряжений и деформаций (интенсивности изнашивания), тем большим будет значение показателя степени W аппроксимирующего выражения. Следует отметить, что с увеличением напряжений и деформаций происходит возрастание разброса амплитуды результирующего сигнала АЭ.

В то же время, кроме напряжений и деформаций на результирующий сигнал АЭ, как показали исследования, влияние оказывает и величина объема материала, вступившего в пластическую деформацию. Возрастание амплитуды сигнала АЭ при разрушении вторичных структур I типа, что обусловлено увеличением объема материала, вступившего в пластическую деформацию, приводит к возрастанию амплитуды результирующего сигнала. Однако, в отличие от действия напряжений и деформаций, увеличение деформированного объема приводит к снижению разброса амплитуды сигнала. Это обусловлено увеличением вклада

амплитуды сигнала, формируемого при разрушении вторичных структур I типа в амплитуду результирующего сигнала АЭ, т.е. приводит к подъему нижнего уровня результирующего сигнала.

Из полученных результатов следует, что в процессе работы пары трения возможно осуществлять контроль процессов, развивающихся в поверхностных слоях материалов или проводить оценки преобладающих механизмов изнашивания. Возрастание средней амплитуды результирующего сигнала АЭ с увеличением ее разброса свидетельствует о преобладающем разрушении вторичных структур II типа. В то же время, возрастание средней амплитуды результирующего сигнала АЭ с уменьшением ее разброса свидетельствует об увеличении объема материала, вступившего в пластическую деформацию.

Литература

1. *Бабак В.П., Филоненко С.Ф., Стадниченко В.М., Стахова А.П.* Моделі сигналів акустичної емісії при руйнуванні поверхневих шарів пар тертя // Проблеми тертя та зношування, Вип. 47, 2007. — С. 1—8.
2. *Babak V.P., Filonenko S.F., Stadnychenko V.M., Stahova A.P.* The acoustic emission signals modelling at friction of materials' surface layers // Wear (London, UK). — in printing.
3. *Трибология: Исследования и приложения: опыт США и стран СНГ.* — М.: Машиностроение; Нью-Йорк: Аллертон пресс, 1993. — 454 с.
4. *Костецкий Б.И., Насовский И.Г.* Поверхностная прочность материалов при трении. — К.: Техніка, 1976. — 293 с.
5. *Klamecki B.E.* An entropy-based model of plastic deformation energy dissipation in sliding. // Wear. — 1984. — Vol. 96, №3. — P. 319—329.
6. *Филоненко С.Ф., Стахова А.П.* Моделирование сигналов акустической эмиссии при переходе от стадии нормального к стадии катастрофического изнашивания // Технологические системы, 2007. — № 4(40). — С. 41—47.
7. *Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С.* Основы расчетов на трение и износ. — М.: Машиностроение, 1977. — 526 с.
8. *Бабак В.П., Филоненко С.Ф., Калита В.М.* Модели формирования сигналов акустической эмиссии при деформировании и разрушении материалов // Технологические системы, 2002. — № 1(12). — С. 26—34.
9. *Бабак В.П., Филоненко С.Ф., Калита В.М.* Модель сигнала акустической эмиссии при образовании в материале трещины с учетом релаксационных процессов // Технологические системы, 2002. — № 5(16). — С. 20—23.