

«Методологія комплексної оцінки стану вузлів тертя»

Основні наукові результати

Розроблено модель зношування поверхні фрикційного контакту, як двошарової оболонки та структурна модель трибосистеми, як теплового генератору, в основу яких покладено врахування напружено-деформованого стану шару на деякій відстані від поверхні фрикційного контакту, зміна якого визначає умови переходу трибосистеми до мінімальної інтенсивності зношування. Встановлено розподіл за твердістю підшарів багатокomпонентних нанопокриттів, який необхідний для переходу трибосистем до мінімальної інтенсивності зношування. Визначено, що на менш навантаженому елементі покриття уявляє собою суцільно-пружний шар підвищеної твердості. На більш навантаженому елементі, покриття являє собою двошарову оболонку. При цьому нижній підшар пластичний із твердістю значно менше твердості основи, а верхній - суцільно пружний з твердістю вище, ніж твердість суцільно пружного шару менш навантаженого елемента. Однак товщина суцільнопружного підшару не є постійною і визначається умовами навантаження, а також температурою в області контакту.

Отримано розрахункові залежності розподілу температур, градієнта температур, теплових потоків між трибоелементами по лінійній координаті та визначено, що тепловими потоками в трибосистемі можна управляти за допомогою зміни теплових опорів одного з трибоелементів, тобто із застосуванням тонких пластин (шарів) з матеріалу, який має сам трибоелемент, або матеріалів з низьким коефіцієнтом теплопровідності (високим термічним опором).

Розроблено модель результуючого сигналу АЕ, що формується при руйнуванні вторинних структур I та II типу в процесі зношування поверхонь тертя, яка враховує кінетику руйнування, фізико-механічні властивості поверхневих шарів, експлуатаційне навантаження, швидкість обертання пари тертя, об'єм матеріалу, що вступає у пластичну деформацію, та локальну площу руйнування.

Встановлено, що на стадії нормального зношування поверхонь тертя при збільшенні навантаження відбувається збільшення середнього рівня амплітуди (потужності) сигналу АЕ та величини її розкиду. Збільшення швидкості обертання поверхонь пари тертя приводить до стишення результуючого сигналу АЕ в часі. Збільшення об'єму пластично деформованого матеріалу приводить до зростання середнього рівня амплітуди сигналу АЕ та зниження її розкиду, а площі руйнування - до зростання середнього її рівня та збільшення його розкиду.

Визначено, що при переважаючому механізмі руйнування поверхневих шарів збільшення навантаження приводить до зростання середнього рівня амплітуди сигналу АЕ і величини її розкиду, швидкості обертання – до зростання середнього рівня амплітуди і зменшення величини її розкиду, а зростання параметрів, що характеризують фізико-механічні властивості матеріалів, - до зменшення середнього рівня амплітуди та величини її розкиду.

Встановлено, що при переході пари тертя зі стадії нормального до стадії катастрофічного зношування відбувається зростання середнього рівня амплітуди сигналу АЕ та величини її розкиду. Такий перехід супроводжується зміною залежності, яка описує середній рівень амплітуди сигналу АЕ, від лінійної апроксимуючої функції до степеневі, показник ступеня якої залежить від інтенсивності (швидкості) руйнування поверхневих шарів.

Експериментально встановлено зв'язок параметрів АЕ з механічними параметрами тертя та зношування поверхонь фрикційного контакту. Визначено, що на початковій стадії переходу пари тертя до катастрофічного зношування відбувається стрибкоподібне зростання параметрів сигналу АЕ – середнього рівня потужності, її стандартного відхилення та дисперсії, які описуються експоненціальними функціями. Визначено, що найбільш чутливим параметром є дисперсія середнього рівня потужності сигналу АЕ.

Встановлено, що зв'язок між навантаженням на пару тертя і середнім рівнем амплітуди сигналу АЕ описуються лінійною функцією, а середнім рівнем потужності, її стандартним відхиленням та дисперсією описується експоненціальними функціями, показник ступеня яких залежить від фізико-механічних характеристик матеріалів поверхонь тертя, а найбільш чутливим параметром є дисперсія середнього рівня потужності сигналу АЕ.

Встановлено, що зв'язок між ваговим сумарним зносом трибо елементів і середнім рівнем потужності та його дисперсією описуються експоненціальною функцією. При цьому встановлено, що показник ступеня експоненти залежить від фізико-механічних характеристик матеріалів, а найбільш чутливою є дисперсія середнього рівня потужності сигналу АЕ. Експериментально встановлено, що задиростійкість прямих пар тертя з покриттями більш ніж в 2 рази вища ніж базової пари тертя без покриття. Задиростійкість обернених пар з покриттями вища, а зносостійкість при ступінчастому навантаженні менша при інших рівних умовах.

Практична цінність

Створено методику та експериментальну установку для дослідження процесів тертя та зношування матеріалів з використанням реєстрації та обробки сигналів акустичної емісії.

Розроблено спосіб безрозбірного відновлення поверхонь тертя трибо систем.

Розроблено спосіб визначення контактного навантаження у фрикційних вузлах в момент виникнення заїдання.

Створено методики і підходи до обробки акусто-емісійної інформації при досліджуванні процесів тертя та зношування поверхонь фрикційного контакту.

Отримані результати можливо використовувати в енергетичної, хімічної, авіаційної та космічної промисловості, транспорті при розробці та оптимізації режимів роботи вузлів тертя, виборі їх матеріалів, моніторингу та прогнозуванні їх характеристик.

Отримані результати використовуються при проведенні наукових досліджень в Національному авіаційному університеті (м.Київ), а також передбачається їх впровадження у Державному підприємстві „Харківське конструкторське агрегатне бюро (м. Харків) при розробці і діагностиці авіаційних насосів регуляторів.

Перелік основних наукових публікацій, доповідей на конференціях, семінарах

1. Filonenko S.F. Definition of contact stress in friction units on the basis of the acoustic emission method / S.F. Filonenko, V.M. Stadnychenko, A.P. Stahova // Aviation. – 2009. – V. 13, No. 3. – P. 72–77.

2. Патент України UA 41896 МПК В23Р 6/00, С23С 24/00, С10М 125/30. Спосіб безрозбірного відновлення поверхонь тертя трибосистем/В.А.Войтов, В.М. Стадніченко, М.Г. Стадніченко, А.П. Білик. –№ u200901117; заявл. 12.02.2009; Опубліковано 10.06.2009, бюл. №11. –4 с.

3. Німченко Т.В. Сучасні апаратні та програмні засоби для дослідження сигналів акустичної емісії / Т.В. Німченко, А.П. Стахова // Наука та молодь. – 2009. – №9. – С. 84–87.

4. Filonenko S.F. Acoustic emission during scuff tests of friction units / S.F. Filonenko, V.N. Stadnychenko, O.P. Kosmach // Вісник НАУ. – 2010. – № 3. – С. 106–110.

5. Filonenko S. Non-equilibrium self-organization of steel-bronze tribosystem on the basis of the acoustic emission method / S. Filonenko, V. Stadnichenko // Aviation.–2010.–V. 14, No. 3.–P. 71-76.

6. Запорожец В.В. О механизмах подвижности металлокерамического слоя в технологиях триботехнического восстановления деталей / В.В. Запорожец, В.М. Стадниченко, О.Н. Трошин // Військово-технічний збірник. – Львів: АСВ, 2010. – №3. – С. 101–106.

7. Стадниченко В.Н. Диагностика процессов изнашивания фрикционных узлов трансмиссий авиационных ГТД методом акустической эмиссии / В.Н. Стадниченко // Вопросы проектирования и производства конструкций летальных аппаратов: Сб. Науч. Тр. Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского.–Харьков, 2010. – Выпуск 1(61). – С. 108–117.

8. Запорожец В.В. Методология ускоренной оценки износостойкости образцов с электроискровыми покрытиями / В.В. Запорожец, В.М. Стадниченко // Проблемы трибологии. – 2010. – № 4. – С. 25–32.

9. Запорожец В.В. Динамика задиростойкости и переходные процессы образцов с электроискровыми покрытиями / В.В. Запорожец, В.М. Стадниченко // Проблемы трибологии. – 2010. – № 4. – С. 47–52.

10. Стадниченко В.Н. Классификация видов наноизноса по значению коэффициента диссипации подводимой внешней энергии к трибосистеме / В.Н. Стадниченко, О.Н. Трошин, Н.Г. Стадниченко // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил. – 2011. – №1(27). – С. 51-62.

11. Стадниченко В.Н. Прогнозирование ресурса трибосистем, работающих в режиме наноизнашивания, методом акустической эмиссии / В.Н. Стадниченко, О.Н. Трошин, А.В. Приймак // Збірник наукових праць Харківського університету повітряних сил.–2010.–№4(26).–С. 41-49.
12. Стадниченко В.М. Границы применения параметра PV при выборе режимов испытаний на трение и износ, моделирующих работу реальных трибосистем при модернизации военной техники / В.М. Стадниченко, Н.Г. Стадниченко, О.Н. Трошин // Військово-технічний збірник. – Львів: АСВ, 2010. – №4. – С. 241-249.
13. Пат. 34919 Україна, МКП G01N 29/04, 3/56. Спосіб визначення контактної навантаження в фрикційних вузлах в момент виникнення заїдання / Філоненко С.Ф., Стахова А.П., Кравченко В.Г., Стадниченко В.М.–№ u200804250; заявл. 04.04.08; опубл. 26.08.08, Бюл. №16.–7 с.
14. Основи трибології: Підручник / Войтов В.А., Белас О.М., Стадніченко В.М. та інш. / За ред. Войтова В.А. – Харків: ХНТУСГ, 2009. – 342с.
15. Німченко Т.В. Сучасні апаратні та програмні засоби для дослідження сигналів акустичної емісії / Т.В. Німченко, А.П. Стахова // Наука та молодь. – 2009. – №9. – С. 84–87.
16. Філоненко С.Ф. Акустична емісія при випробуванні пар тертя з покриттям на зносостійкість /С.Ф. Філоненко, О.П. Космач // Новітні технології.-2011.-№ 3-4.-С.64-72
17. Стахова А.П. Взаимосвязь сигналов акустической эмиссии с напряженно-деформированным состоянием узлов трения / А.П. Стахова // АВІА-2009: Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції. – К.: НАУ, 2009. – С. 1.1–1.4.
18. Стадниченко В.М. Дослідження механізмів направленої масоперенесення при терті в умовах управління тепловим потоком / В.М. Стадниченко, О.М. Трошин // АВІА-2009: Матеріали VII Міжнародної науково-технічної конференції. – К.: НАУ, 2009. – С. 1.13-1.16.
19. Стадниченко В.М. Прогнозування ресурсу трибосистем з використанням інформативних параметрів акустичної емісії / В.М. Стадниченко, М.Г. Стадниченко // Новітні технології для захисту повітряного простору: Матеріали шостої наукової конференції Харківського університету повітряних сил ім. Івана Кожедуба. – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2010. – С. 56.
20. Стахова А.П. Влияние внешней нагрузки на параметры акустического излучения / А.П. Стахова, Т.В. Німченко // ПОЛІТ: Матеріали X міжнародної конференції студентів та молодих вчених. – К.: НАУ, 2010. – С. 178.
21. Стахова А.П. Дослідження впливу термокомпресійної обробки на зносостійкість твердосплавних ріжучих пластин / А.П. Стахова, Т.В. Німченко // ПОЛІТ: Матеріали X міжнародної наукової конференції студентів та молодих учених. – К.: НАУ, 2010. – С. 166.
22. Філоненко С.Ф. Вплив фізико-механічних властивостей матеріалу на результуючий сигнал акустичної емісії при крихкому руйнуванні поверхневих шарів / С.Ф. Філоненко, А.П. Стахова // Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси (ІРТК-2010): Матеріали третьої міжнародної науково-практичної конференції. – К.: НАУ, 2010. – С. 261–263.
23. Filonenko S.F. Research of influence of thermal resistance of elements of tribosystem on wearproofness of friction units / S.F. Filonenko, V.N. Stadnychenko, A.P. Stakhova, O.N Troshin // PROCEEDINGS. Of the forth world congress “AVIATION IN THE XXI-st CENTURY” “Safety in aviation and space technology”, 21-23 September 2010. – К.: НАУ, 2010. – Volume 1. – P. 12.1–12.4.
24. Стадниченко В.Н. Акустическая эмиссия при исследовании эффективности трибостанавливающих составов / В.Н. Стадниченко, А.П. Стахова // АВІА-2011: Матеріали X Міжнародної науково-технічної конференції. – К.: НАУ, 2011. – Том I. – С. 1.19-1.22.
25. Стахова А.П. Проведення теоретичних та експериментальних досліджень для встановлення закономірностей зміни акусто-емісійного випромінювання / А.П. Стахова // НАУКОСМНІ ТЕХНОЛОГІЇ: Матеріали науково-технічної конференції студентів та молодих учених. – К.: НАУ, 2011. – С. 48.
26. Стахова А.П. Закономірності зміни механічних параметрів тертя та сигналів акустичної емісії / А.П. Стахова // Інтегровані інтелектуальні робото-технічні комплекси (ІРТК-2011): Четверта міжнародна науково-практична конференція 23-25 травня 2011 року, Київ, Україна. – К.: НАУ, 2011. – С. 354-355.