

УДК 629.7.036.34

КОВЕЛЬ П.П., провідний науковий співробітник, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

СКЛЯР О.І., начальник науково-дослідної лабораторії, кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник

ЧУСЬ Д.І., старший науковий співробітник

КОНТРОЛЬ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ СИГНАЛІВ АКУСТИЧНОЇ ЕМІСІЇ

У статті досліджено досвід використання методу акустичної емісії та запропоновано шляхи його запровадження в процес експлуатації авіаційної техніки

Ключові слова: акустична емісія, акустично-емісійний метод, засоби реєстрації параметрів акустичної емісії, неруйнівний контроль, ресурс авіаційних конструкцій

В цей час на виробництві та в експлуатації метод акустичної емісії (АЕ) застосовується для неруйнівного контролю елементів конструкції при зварюванні та судин тиску.

Використання акустичної емісії при неруйнівних випробуваннях конструкцій і натурних об'єктів зумовлено деякими особливостями, пов'язаними з цілями випробувань і умовами роботи реальних об'єктів.

Кінцевими цілями випробування натурних об'єктів в межах визначення деяких характеристик технічного стану є:

визначення руйнівного навантаження за умови впливу на об'єкт більш низького (випробувального) навантаження;

визначення ресурсу об'єкта за умови впливу на нього робочого навантаження.

Численними дослідженнями [1-4] встановлено, що руйнівне навантаження і ресурс значною мірою залежать від наявності та кінетики розвитку дефектів структури матеріалу, і тому цілі випробування можуть бути сформульовані більш вузько:

визначення наявності дефектів і їх координат;

встановлення типу (ідентифікація) дефектів і вимір (оцінка) їх параметрів;

вимірювання (оцінка) параметрів кінетики розвитку дефектів.

Досвід експлуатації літальних апаратів вказує на недостатню міцність від втоми деяких елементів конструкції планера. Тому підвищується значення методів неруйнівного контролю для більш достовірної оцінки технічного стану відповідальних силових елементів конструкції з метою підтримки високого ступеня надійності, боєготовності та ефективності використання літальних апаратів.

Застосовувані в даний час методи діагностики не повною мірою задовольняють сучасним вимогам. Вони мають обмеження за типами, розмірами, розташуванням дефектів, суцільності матеріалу, а також за конструктивними особливостями виробів і станом поверхні. Дефекти в більшості випадків виявляються при спеціальних випробувальних режимах, для чого потрібно тривало переривати експлуатацію виробів, а в ряді випадків розбирати їх. Складність і тривалість цих операцій значно знижує оперативність діагностики, підвищуючи при цьому трудовитрати.

Наведені недоліки, а також безперервне підвищення вимог до достовірності контролю технічного стану елементів авіаційних конструкцій, доводять необхідність проведення наукових досліджень щодо вдосконалення старих і розробці нових методів неруйнівного контролю. За останні роки дослідження в галузі неруйнівного контролю зробили величезний крок вперед і в даний час швидко розвиваються. Для цих напрямків характерне використання досягнень теорії та експериментальних розробок на стику різних галузей науки.

Заслугує особливої уваги метод акустичної емісії, що базується на реєстрації та аналізі акустичних коливань, котрі виникають у твердих тілах при пластичній деформації і руйнуванні. Теоретичні та експериментальні дослідження в даному напрямку досягли рівня, що дозволяє практично використовувати метод АЕ для контролю технічного стану виробів, зокрема, авіаційних конструкцій.

Перевагами методу неруйнівного випробування на основі АЕ є наступні:

в основі методу лежать залежності характеристик АЕ від кінетики розвитку дефектів структури, що є безпосередньою причиною відмови матеріалу з точки зору опору деформації;

висока чутливість і оперативність;

можливість виявлення та оцінки параметрів прихованих дефектів на досить великій відстані від приймальних перетворювачів (датчиків);

апаратура для вимірювання та реєстрації АЕ порівняно проста, особливо при спеціальному виконанні;

методи діагностики на основі АЕ мають унікальні можливості, та є цінним доповненням до існуючих методів неруйнівного контролю;

застосування системи навантаження у вигляді безконтактної магнітодинамічної системи, запропонованої авторами, виключає можливість появи акустичних шумів, викликаних пристроєм навантаження. Крім того, магнітодинамічна система навантаження сама по собі є засобом контролю технічного стану конструкції шляхом реєстрації і подальшого аналізу динамічних характеристик об'єкта випробування;

низький рівень створюваних навантажень (до 30 МПа), що не перевищують навантаження горизонтального польоту, забезпечує можливість застосування даної системи в умовах експлуатації авіаційної техніки без обмежень, пов'язаних зі значною витратою ресурсу для цілей контролю.

Однією з головних проблем, що стримують широке застосування методу АЕ для контролю технічного стану інженерних конструкцій, зокрема авіаційних конструкцій, є завдання фільтрації акустичних сигналів по максимальному відношенню корисного сигналу до сигналу перешкод.

Дана проблема формально може бути розглянута як окреме завдання теорії оцінювання - узгоджена фільтрація за критерієм максимального відношення вихідного сигналу до шуму [3].

Під акустичним шумом (АШ) розуміють електричні сигнали на виході реєструючої апаратури, яка не має зв'язку із процесами зміни мікроструктури матеріалу. Акустичні шуми в основному підрозділяються на три типи:

електричні шуми, викликані електромагнітними наведеннями на ланцюгу підсилювального тракту, недостатнім екрануванням і заземленням, та особливостями вхідних каналів;

апаратні шуми, пов'язані з тепловими перешкодами перших каскадів підсилювального каналу (тому бажано застосування мало шумливих транзисторів), а також перешкоди дискримінатора, рівень спрацьовування якого вибирається вище амплітуд шумів апаратури;

механічні шуми, обумовлені тертям взаємно сполучених елементів конструкції в процесі їх випробування.

Розподіл акустичних шумів за частотою акустичних коливань проілюстровано на рисунку 1. Перші два типи АШ успішно усуваються апаратними методами, як показано на рисунку 2. Логічне устаткування вимикає систему реєстрації параметрів АЕ у випадку появи акустичних сигналів поза зоною безпосереднього дослідження. До такої зони необхідно залучати найбільш відповідальні елементи силової конструкції.

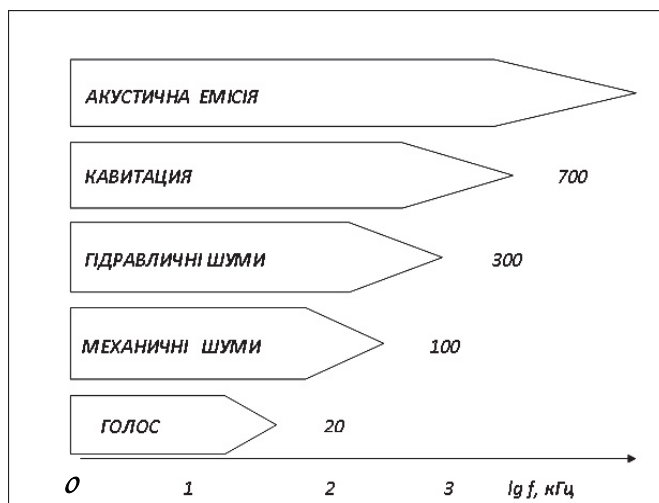


Рис. 1. Розподіл джерел акустичних сигналів за частотою

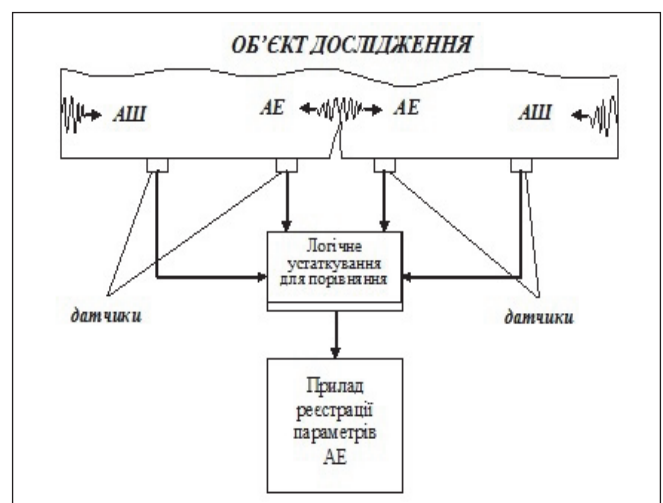


Рис. 2. Зона посиленого контролю

Основні труднощі пов'язані з усуненням механічних акустичних шумів, що проявляються при навантаженні об'єкта випробування в період безпосередньої роботи акустико-емісійної апаратури. Виходячи з цього, найбільш прийнятними системами навантаження є ті, що мають низький рівень власних шумів.

У процесі циклічних випробувань ефективним методом боротьби з АШ може бути кореляційний метод і часова селекція. В останньому методі АШ групуються в певній фазі циклу навантаження і за допомогою стробируючого пристрою проводиться відключення каналу посилення в момент проходження перешкод.

Кореляційний метод за допомогою «теорії розпізнавання образів» акустичних сигналів забезпечує посилення сигналів, що йдуть від тріщини, і послаблює сигнали АШ.

Принципово нові можливості відкриває застосування запропонованого в роботі спеціального безконтактного магнітодинамічного пристрою навантаження, описаного в розділі III [3]. Використання цього безконтактного навантаження виключає безпосередній акустичний контакт об'єкта випробування з силовим збудником. У кріпленні об'єкта випробування встановлюють гумові і повстяні прокладки, що усувають можливість проходження акустичних шумів від інших пристроїв. Застосування безконтактної магнітодинамічної системи навантаження забезпечує непроходження АШ до посилення в підсилювальному тракті, рівне 98 дБ.

У роботі пропонується можливість виявлення втомних пошкоджень та оцінки їх небезпеки за допомогою комбінації двох методів неруйнівного контролю - методу АЕ і методу контролю частоти власних коливань. Метод АЕ дозволяє виявити дефекти на ранній стадії їх розвитку, тобто встановити факт наявності пошкоджень, визначити їх параметри. За допомогою методу контролю частоти власних коливань можливо контролювати подальший процес розвитку ушкоджень, встановити розміри значних пошкоджень і ступінь їх небезпеки, з рештою, повніше вирішити завдання визначення технічного стану силових елементів авіаційних конструкцій.

ЛИТЕРАТУРА

1. Когаєв В.П., Махутов Н.А., Гусенков А.П. Расчеты деталей машин и конструкций на прочность и долговечность. – М.: Машиностроение, 1985. – 223 с.
2. Патон Б.Е., и др. Опыт ИЭС им. Е.О.Патона НАН Украины в области акустико-эмиссионного контроля. // Техническая диагностика и неразрушающий контроль, №1, 2012. С. 7-22.
3. Ковель П.П. Диссертация к.т.н. Контроль технического состояния авиационных конструкций с использованием сигналов акустической эмиссии, возникающих на режиме специально организованных автоколебаний. – К.: КВВАИУ, 1985. – 159 с.
4. Пащенко С.В., Хильченко М.Ф., Юхачов В.В. Методологія збільшення ресурсів авіаційної техніки. // Збірник наукових праць ДНДІА, № 8(15), 2012. С. 161-166.

Надійшла до редакції 02.10.2015