УДК 628.517

Г.В. Пекуровський

Національний авіаційний університет, Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ КООРДИНАТ РОЗМІЩЕННЯ СЕНСОРІВ ТА ВИКОНАВЧИХ ПРИСТРОЇВ НА ЗАТИСНУТІЙ ПЛАСТИНІ ПРИ СИНТЕЗІ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО УПРАВЛІННЯ АКТИВНОЮ КОМПЕНСАЦІЄЮ ВІБРАЦІЇ

У статі описується логіка визначення оптимальних координат розташування сенсорів та виконавчих пристроїв на затиснутій пластині при синтезі адаптивної автоматичної системи управління активною компенсацією вібрації.

***Ключові слова**: адаптивна система управління, активні методи компенсації вібрації.*

Вступ та постановка завдання

Під час експлуатації техніки актуальною проблемою є зниження акустичних шумів, що виникають внаслідок вібраційного навантаження та його перевипромінювання. Традиційні методи боротьби з шумом, такі як екранування, шумопоглинаючі поверхні, підсилення конструкції кожухів тощо, широко застосовуються в усіх зразках озброєння та військової техніки. Оскільки головною причиною акустичних шумів є вібрація елементів конструкцій, частин механізмів, що обертаються, тертя робочих поверхонь та ін., актуальності набуває наукова проблема оптимізації акустичних характеристик матеріалів конструкцій експлуатованої техніки.

Серед низки методів, що застосовуються для оптимізації акустичних характеристик, чільне місце займають активні методи, сутність яких полягає у вимірюванні вібрації панелі кожуха механізму, що випромінює акустичний шум, та впливі на дану панель вторинного вібраційного поля для компенсації вібрації матеріалу. Однак, нелінійний характер змін параметрів вібрації авіаційних панелей вимагає проведення додаткових досліджень у сфері побудови системи управління при впровадженні активних методів – причому такої системи управління, що матиме властивість пристосування до цих змін.

Хоча активні методи мають широкий вжиток у рамках задачі компенсації небажаного вібраційного або акустичного полів, досі наявна проблема лінеаризації адаптивної автоматичної системи управління, побудованої на основі використання активних методів, оскільки для забезпечення здатності побудованої системи до самоналаштування у відповідності до змін вхідних параметрів вібраційного навантаження обов'язкове використання адаптивного регулятора, а вони зазвичай мають бути налаштовані згідно моделі об'єктів управління, чия ідентифікація була проведена у лінійному діапазоні.

Метою статті є розробка та обґрунтування способу визначення оптимальних координат розміщення сенсорів та виконавчих пристроїв на затиснутій пластині для синтезу адаптивної системи автоматичного управління активною компенсацією вібрації на гнучких елементах авіаційних конструкцій.

Аналіз досліджень і публікацій

Проблемі синтезу адаптивних систем управління, так само як і оптимізації акустичних характеристик об'єктів, що підвладні небажаному вібраційному збуренню, присвячено ряд публікацій як у вітчизняних, так і у іноземних виданнях.

Фундаментальними дослідженнями являються [1, 2], які присвячені базовим засадам активного контролю та адаптивного управління.

Серед робіт українських вчених варто виділити [3 – 5], кожна з яких торкається різних аспектів цієї проблематики.

Визначення оптимальних координат розташування сенсорів та виконавчих пристроїв

Синтез цифрової адаптивної системи автоматичного управління активною компенсацією вібрації є багатокроковим завданням, на кожному етапі якого необхідно створити сприятливі експериментальні умови для уникнення накопичення похибки. Найголовнішим пріоритетом при цьому є визначення оптимальних координат розташування сенсорів та виконавчих пристроїв на об'єкті управління.

Запропонований спосіб базується на аналізі пучностей (мод) та вузлів коливань при збудженні об'єкта управління зовнішнім вібраційним полем.

Логіка визначення оптимальних координат полягає у доцільності розташування сенсору у пучностях коливань (що сприяє отриманню значень вібраційного прискорення J із найменшою похибкою), а виконавчого пристрою – у вузлі коливань (задля максимального зменшення впливу наступної пучності коливань на досліджувану).

Перед безпосереднім аналізом об'єкта управління на пучності і вузли коливань необхідно отримати значення резонансних частот $f_{рез(1)}, f_{рез(2)} \dots f_{рез(n)}$ на спектрі частот $f_{min} \dots f_{max}$.

Проведено досліди із затиснутою пластиною, що є об'єктом управління адаптивної системи..

Для отримання значень резонансних частот, об'єкта управління за час

$$t = 60 \text{ с}$$

збуджується на частоті, що лінійно зростає в межах діапазону частот $f_{min} \dots f_{max}$ (у випадку затиснутої пластини – 40 … 200) для визначення власного спектру коливань об'єкта управління.

З отриманих даних зроблено висновок щодо резонансних частот об'єкта управління, чиї значення дадуть змогу на наступному кроці дослідити пучності та вузли коливання.

Проведено 3 досліди із трьома різними місцями розташування вібродатчика із координатами x та y. Отримані дані, які зображені на рис. 1.

З отриманих даних зроблено висновок про значення резонансних частот власного спектру затиснутої пластини.

Отримані значення наведені у табл. 1.

Шляхом осереднення отримано резонансні частоти пластини: 65 Гц, 75 Гц, 101 Гц, 113 Гц, 147 Гц, 164 Гц.

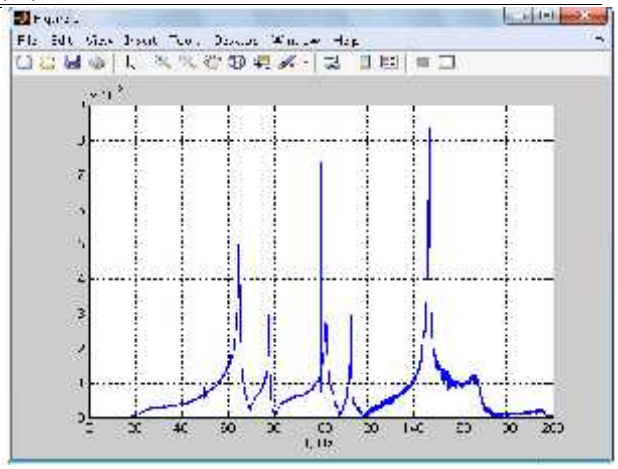
Далі пластина почергово збуджувалась вібраційним полем на віднайдених резонансних частотах для дослідження мод коливань. Із цією метою використовується метод візуалізації пучностей та вузлів коливань, що базується на рівномірному розподіленні на поверхні пластини мілкого сипучого матеріалу, в даному випадку – пшона. При вібрації на резонансних частотах розподілення пшона по пластині проявляє моди коливань – відповідно, від першої до шостої.

Ідея дослідження пластини на моди коливань полягає в тому, що вібродатчик доцільно розташувати у модах, що проявляються на робочому спектрі 20-150 Гц (тобто у перших п'яти пучностях), а компенсуючий динамік – у вузлі шостої пучності, аби максимально послабити її вплив на коливання у робочому діапазоні.

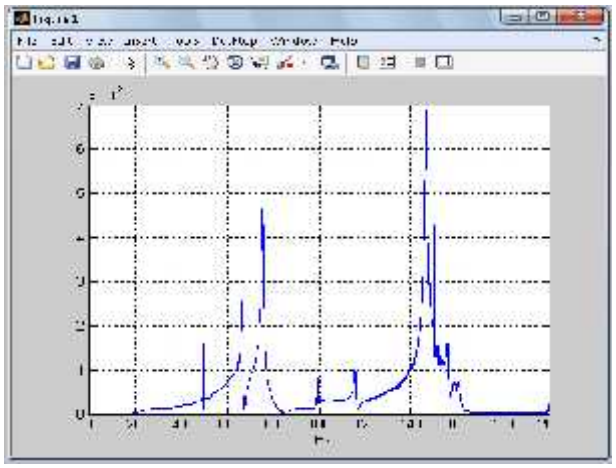
Проведені візуальні дослідження показали доцільність встановлення вібродатчика та виконавчого динаміка на наступних координатах:

Вібродатчик: 88 × 100 мм.

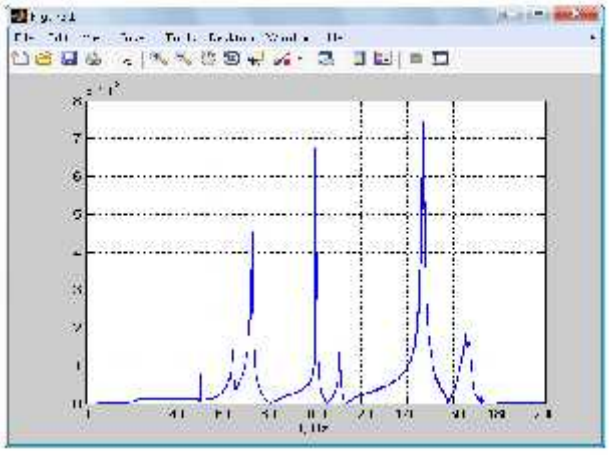
Виконавчий пристрій: 170 × 248 мм.



а



б



в

Рис. 1. Спектр коливань пластини
при координатах вібродатчика:
а – 98 × 263 мм; б – 98 × 88 мм; в –227 × 248,5 мм

Визначення оптимальних координат розміщення сенсорів та виконавчих пристроїв на затиснутій пластині дає можливість провести наступні етапи синтезу адаптивної системи автоматичного управління активною компенсацією вібрації – дослідження залежності між напругою на виходах ЦАП ЕОМ та створюваним на об'єкті управління віброприскоренням для кожної частоти спектру, обмеження отриманої залежності до лінійного діапазону на кожній частоті спектру, проведення

ідентифікації об'єкта управління та безпосереднього синтезу системи.

Таблиця 1

Резонансні частоти власного спектру коливань затиснутої пластини

Координати вібродатчика, *мм*	98 × 263	98 × 88	227 × 248,5
Резонансні частоти, *Гц*	64,6	66,6	63,8
	77,3	75,3	72,2
	101,9	99,2	100,7
	112,8	115,4	110,6
	146,4	146,5	146,9
	165,8	160,1	165,4

Висновки

У статті викладена логіка при знаходженні оптимальних координат розміщення сенсорів та виконавчих пристроїв при синтезі адаптивної системи автоматичного управління активною компенсацією вібрації. Показано приклад отриманих даних для затиснутої пластини, що є об'єктом управління адаптивної системи. За рахунок застосування адаптивної системи активних методів зниження вібраційного навантаження можливе зниження акустичних шумів, які утворюються внаслідок перевипромінювання вібрації панелей кожухів зразків озброєння та військової техніки.

Список літератури

1. Vance J. VanDoren. Techniques for Adaptive Control / Vance J. VanDoren. – Butterworth Heinemann, 2003. – 289 p.

2. Mechanical Vibration. Active and Passive Control / ISTE LTD, 2007. – 389 p.

3. Семенов А.Д. Идентификация объектов управления: учебное пособие / А.Д. Семенов, Д.В. Артамонов, А.В. Брюхачев. – Пенза: Пензенский государственный ун-т, 2003. – 215 с.

4. Дідковський В.С. Основи акустичної екології: навчальний посібник / В.С. Дідковський, В.І. Токарев, О.І. Запорожець; за ред. В.С.Дідковського. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий центр ТОВ "Імекс ЛТД", 2002. – 520 с.

5. Барабаш О.В. Построение функционально-устойчивых распределенных информационных систем / О.В. Барабаш. – К.: НАОУ, 2004. – 226 с.

6. Барабаш О.В. Елементи синтезу автоматичної системи зниження віброакустичного навантаження на гнучких металевих пластинах / О.В. Барабаш, Г.В. Пекуровський // Матеріали X міжнародної НТК "БЖДЛ – 2011": зб. наук. праць. – К.: НАУ, 2011. – С. 39 – 45.

Надійшла до редколегії 22.08.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.В. Барабаш, Державний університет телекомунікацій, Київ.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПИМАЛЬНЫХ КООРДИНАТ РАЗМЕЩЕНИЯ СЕНОСОРОВ И ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НА ЗАЖАТОЙ ПЛАСТИНЕ ПРИ СИНТЕЗЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АКТИВНОЙ КОМПЕНСАЦИЕЙ ВИБРАЦИИ

Г.В. Пекуровский

В статье описана логика определения оптимальных координат размещения сенсоров и исполнительных устройств на зажатой пластине при синтезе адаптивной автоматической системы управления активной компенсацией вибрации.

***Ключевые слова**: адаптивная система управления, активные методы компенсации вибрации.*

OBTAINING THE OPTIMAL COORDINATES OF PLACEMENT OF THE SENSORS AND EXECUTIVE DEVICES ON A PLATE IN THE PROCESS OF THE SYNTHESIS OF ADAPTIVE CONTROL SYSTEM OF VIBRATION ACTIVE CANCELLATION

G.V. Pekurovsky

*In this paper author describe the logic of obtaining the optimal coordinates of placement of sensors and executive devices on a plate in the process of the synthesis of adaptive control system of vibration active cancellation***.**

***Keywords**: adaptive control system, active methods.*