

УДК 628.517

О.В. Барабаш, Г.В. Пекуровський

Національний авіаційний університет, Київ

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ МОДЕЛІ КОНСТРУКТИВНОЇ ПАНЕЛІ ПРИ СИНТЕЗІ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ВІБРОАКУСТИЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

В даній статті авторами описується процес ідентифікації моделі конструктивної панелі при синтезі адаптивної системи управління віброакустичним навантаженням, подаються її результати, а також про- водиться лінійна параметрична оцінка отриманої моделі.

**Ключові слова:** адаптивна система управління, активні методи, ідентифікація моделі об'єкта управління.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Вібрація, що виникає на авіаційних панелях, є небажаним явищем як з точки зору засад акустичної екології, так і через невідповідність міжнародним стандартам цивільної авіації. Серед комплексу методів, що можуть бути застосовані для оптимізації акустичних характеристик авіаційних панелей, чільне місце займають активні методи. Однак, нелінійний характер змін параметрів вібрації авіаційних панелей вимагає проведення додаткових досліджень в сфері побудови системи управління при впровадженні активних методів – причому такої системи управління, що матиме властивість пристосування до цих змін.

Незважаючи на те, що активні методи мають широкий вжиток в рамках задачі компенсації небажаного вібраційного або акустичного полів, досі наявна проблема адаптації автоматичної системи управління, побудованої на основі використання активних методів. Само-налаштування системи у відповідності до змін у параметрах вібрації об'єкта управління є важкою для імплементації через нелінійний характер цих змін. Особливою проблемою являється достовірна експериментальна ідентифікація моделі об'єкта управління, що використовується для налаштування параметрів регулятора.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Проблематиці 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 присвячено базисним засадам активного контролю та адаптивного управління. Серед робіт українських вчених варто виділити [3 – 5], кожна з яких торкається різних аспектів даної проблематики.

### Результати досліджень

При побудові адаптивної системи управління (СУ) часто керуються засадами модельно-орієнтованих аспектів класичної теорії управління, згідно

якої параметри регулятора налаштовуються за коефіцієнтами передавальної функції, тобто моделі об'єкта управління (ОУ).

В якості ОУ обрана конструктивна панель. Експериментальна установка побудована на основі моделі віртуального середовища Simulink, з якої через цифрово-аналогове перетворення плати збору даних надходить керована напруга на електромагнітний динамік, що за допомогою металевого штоку прикріплений до об'єкта управління.

Для опису лінійного динамічного об'єкта застосовують модель «вхід-вихід» у вигляді диференціального рівняння n-го порядку:

$$\begin{aligned} T_n^n \frac{d^n y(t)}{dt^n} + \dots + T_1^1 \frac{dy(t)}{dt} + y(t) = \\ = k_m \frac{d^m u(1-\tau)}{dt^m} + \dots + k_1 \frac{du(1-\tau)}{dt} + k_0 u(1-\tau), \end{aligned} \quad (1)$$

де  $y(t), u(t)$  – вхід і вихід ОУ;  $T_n, \dots, T_1, k_m, \dots, k_0$  – коефіцієнти лівої й правої частини диференціального рівняння;  $n, m$  – порядки лівої й правої частини диференціального рівняння;  $\tau$  – час чистого запізнення.

При фізичному підході до ідентифікації ОУ модель об'єкта представляється у вигляді системи рівнянь, що описують фізичні процеси в об'єкті. При цьому в якості параметрів моделі можуть використовуватися геометрія об'єкта, фізичні параметри матеріалу, фундаментальні фізичні константи. У фізичну модель можуть бути додані певна кількість формальних параметрів, які необхідно визначити експериментально з умови мінімізації похибки моделювання. Перевагою фізичних моделей є можливість установлення аналітичної залежності між параметрами регулятора й фізичними параметрами об'єкта регулювання. Іншою перевагою фізичних моделей є те, що в процесі побудови фізичної моделі в неї вноситься інформація про структуру об'єкта. Наявність у моделі інформації про структуру об'єкта дозволяє краще відфільтрувати перешкоди й збурювання в процесі наближення моделі до експериментальних даних методом найменших квадратів.

При ідентифікації прийнято рішення застосувати фізичний підхід, водночас, експериментальний характер дослідження вимагає уникнути аналітичного розв'язку рівнянь. Відповідно, ідентифікація проводиться у виключно експериментальний спосіб.

Передаюча функція пластини отримується згідно наступної рівності:

$$W = \frac{W_{\text{вих}}}{W_{\text{вх}}}, \quad (2)$$

де  $W_{\text{вих}}$  – відповідь ОУ на зовнішні збурення;  $W_{\text{вх}}$  – зовнішні збурення.

Для ідентифікації моделі пластини застосовано програму модель Plate\_identification.mdl (рис. 1).

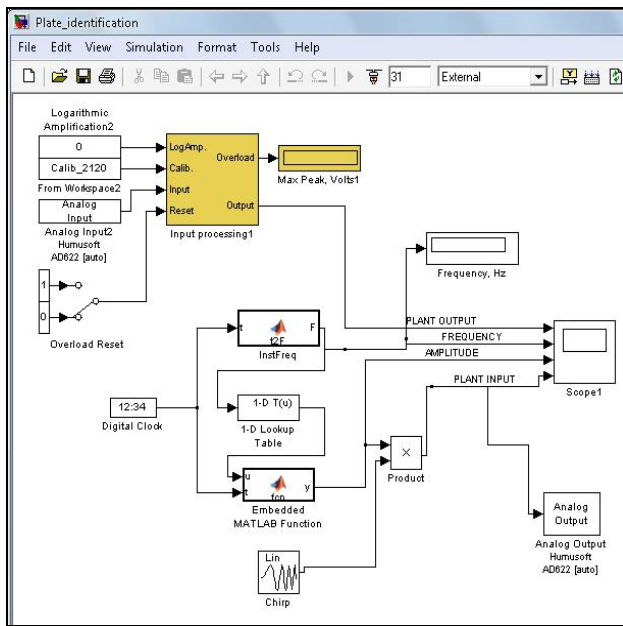


Рис. 1. Модель Plate\_identification.mdl

Сигнал із траєкторією амплітуди напруг по спектру частот, що має відповідати вимогам лінійності моделі, збуджує ОУ, проходячи весь робочий спектр частот за час  $\Delta t$ . Вібродатчик при цьому вимірює вихідні дані системи. Метою дослідження являється отримання передавальної функції ОУ, під яку проводитиметься налаштування регулятора.

В процесі ідентифікації параметрів моделі системою фіксуватимуться 4 показники: Plant Input ( $W_{\text{вх}}$ ) – сигнал, що розвивається за визначеною траєкторією, Frequency ( $\frac{df}{dt}$ ), Amplitude ( $\frac{dU}{dt}$ ) та Plant Output

( $W_{\text{вих}}$ ). Після закінчення роботи системи всі 4 дані опиняться у структурі MeasRes в робочому просторі Matlab, з якої отримано необхідні значення  $W_{\text{вх}}$  і  $W_{\text{вих}}$  для подальшої безпосередньої ідентифікації із використанням допоміжного набору інструментів Matlab System Identification Toolbox. Цьому набору інструментів для ідентифікації потрібні два набори даних – основний та перевірочний. Тому перед його використанням потрібно провести дослід із отримання значен-

ня  $W_{\text{вих}}$  у двох напрямках: прямому (частота сигналу ідентифікації лінійно зростає в межах діапазону частот) і зворотному (частота сигналу ідентифікації лінійно зменшується в межах діапазону частот).

На рис. 2 зображено графічне представлення  $W_{\text{вх}}$  (Plant Input), а на рис. 3 – графічне представлення  $W_{\text{вих}}$  (Plant Output), отриманих при ідентифікації у прямому напрямі. На рис. 4 зображене графічне представлення  $W_{\text{вх}}$  (Plant Input), а на рис. 5 – графічне представлення  $W_{\text{вих}}$  (Plate Output), отриманих при ідентифікації у зворотному напрямі.

В обох напрямках проведено 4 заміри  $W_{\text{вих}}$ , а результати осереднено.

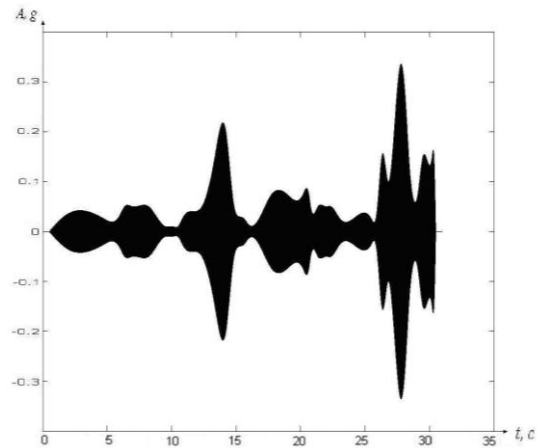


Рис. 2.  $W_{\text{вх}}$  при зростанні частоти коливань

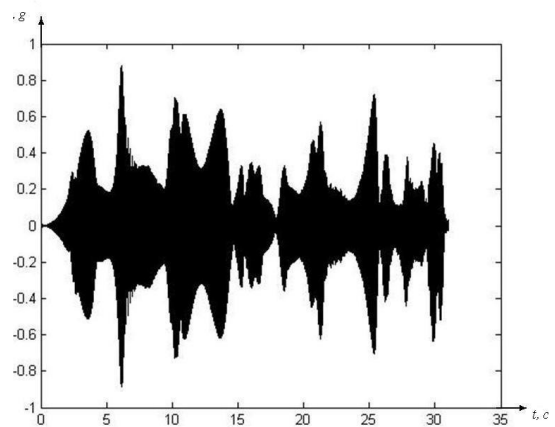


Рис. 3.  $W_{\text{вих}}$  при зростанні частоти коливань

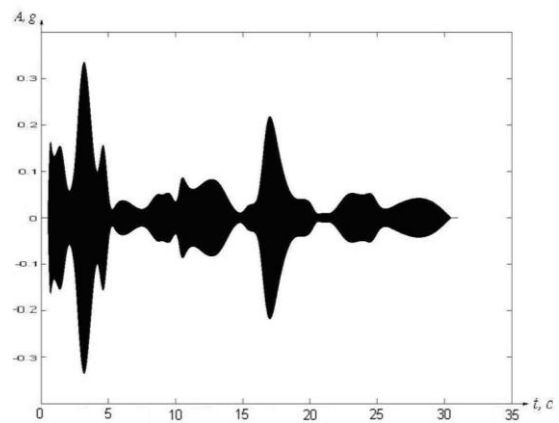
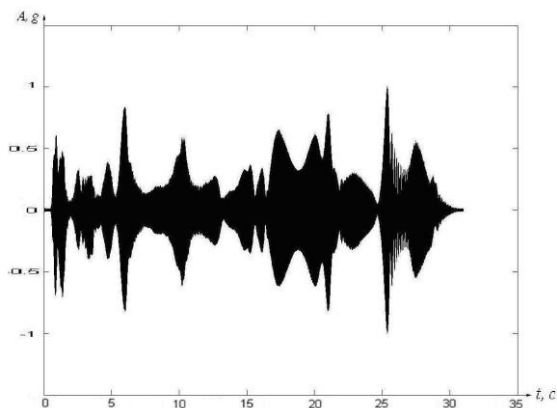


Рис. 4.  $W_{\text{вх}}$  при зменшенні частоти коливань

Рис. 5.  $W_{вих}$  при зменшенні частоти коливань

На рис. 6 зображено вікно імпортування змінних входу та виходу з робочого простору Matlab в System Identification Tool. Введена назва змінних, в яких містяться вхідні та вихідні значення системи, plant\_input\_there та plant\_output\_there відповідно (для ідентифікації моделі ОУ при траєкторії ідентифікаційного сигналу в прямому напрямі).

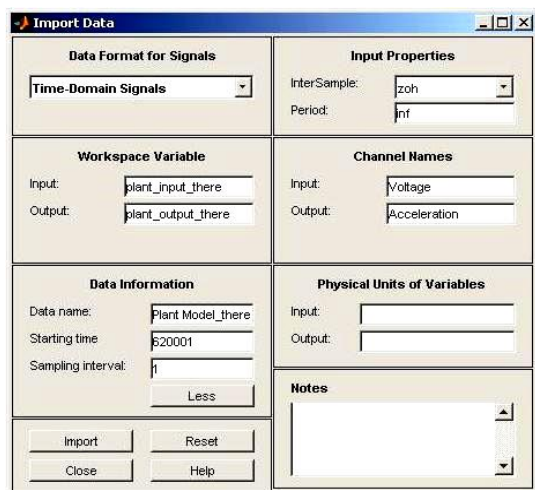


Рис. 6. Вікно Import Data в System Identification Tool

Після імпорту в System Identification Tool необхідних змінних обрано спосіб оцінки передавальної функції (рис. 7).

Результатом вимірів є змінна в робочому просторі Matlab, що являє собою отриману модель ОУ.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОДЕЛИ КОНСТРУКТИВНОЙ ПАНЕЛИ ПРИ СИНТЕЗЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОЙ НАГРУЗКОЙ

О.В. Барабаш, Г.В. Пекуровский

В данной статье авторами описывается процесс идентификации модели конструктивной панели при синтезе адаптивной системы управления виброакустической нагрузкой, подаются ее результаты, а также проводится линейная параметрическая оценка полученной модели.

**Ключевые слова:** адаптивная система управления, активные методы, идентификация модели объекта управления.

### EXPERIMENTAL IDENTIFICATION OF CONSTRUCTIVE PANEL MODEL DURING THE SYNTHESIS OF ADAPTIVE CONTROL SYSTEM OF REDUCTION OF VIBROACOUSTIC LOADING

O.V. Barabash, G. V. Pekurovsky

In this paper authors describe the process of the identification of the model of constructive panel, that takes place during the synthesis of adaptive control system of reduction of vibroacoustic loading. The results of identification and the linear parametric evaluation of the model are given.

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

## Висновки

Проведено експериментальну ідентифікацію моделі ОУ, в якості якого виступає конструктивна панель з системою зниження віброакустичного навантаження активними методами. Проведено лінійну параметричну оцінку отриманої моделі.

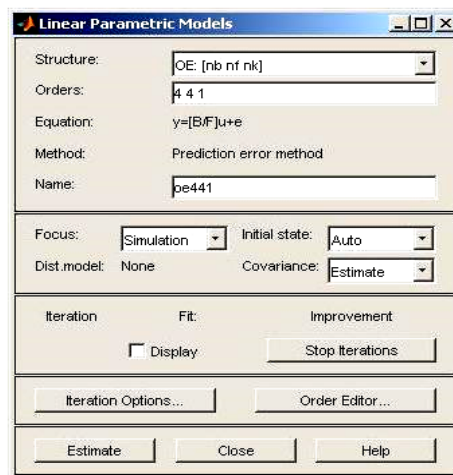


Рис. 7. Оцінка отриманої моделі способом ОЕ:

[nb nf nk] з порядками 4 4 1

## Список літератури

1. Vance J. VanDoren. *Techniques for Adaptive Control.* / 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: Пенз. гос. 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: 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., Пекуровский Г.В. Элементы синтеза автоматической системы снижения виброакустической нагрузки на гнучких металевих пластинах / О.В. Барабаш, Г.В. Пекуровский // Матеріали Х МНТК "БЖДЛ – 2011": зб. наук. праць. – К.: НАУ, 2011. – С. 39-45.

Надійшла до редколегії 15.08.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. А.Е. Асланян, Національний університет оборони України, Київ.