

ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ КРИЛА БЕЗПІЛОТНОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

Р.В. Гриневецький

Постановка проблеми. Експериментально-теоретичне дослідження коливань, як конструктивних елементів різноманітних машин і споруд, висвітлені в багатьох літературних джерелах [1-4], серед яких певна увага присвячена питанню демпфірування коливань.

Викладення основного матеріалу. В даній роботі розглянута задача коливань крила безпілотного літального апарату в двох варіантах: без обшивки та з нею.

I. Визначення частоти коливань БЛА без обшивки.



Рисунок 1. Крило без обшивки

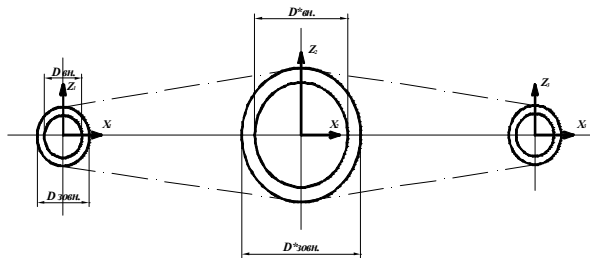
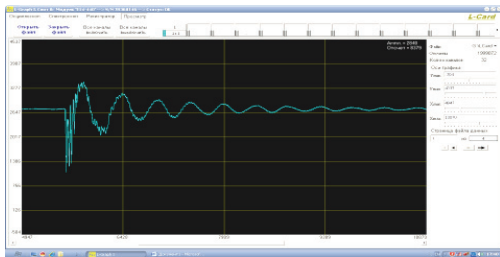


Рисунок 2. Поперечний переріз крила



$D_{вн.} = 0,026м.$                        $D^*_{вн.} = 0,065м.$   
 $D_{зовн.} = 0,030м.$                  $D^*_{зовн.} = 0,071м.$   
 $l = 2,28м. п.$  – довжина крила  
 $E = 71000 МПа$  – модуль пружності дюралю  
 $m = 1,517кг./м. п.$  – вага крила

Рисунок 3. Амплітуда коливань крила без обшивки

$$I_z = \left( \frac{\pi D^4_{*зовн.}}{64} - \frac{\pi D^4_{*вн.}}{64} \right) + 2 \cdot \left( \frac{\pi D^4_{зовн.}}{64} - \frac{\pi D^4_{вн.}}{64} \right) =$$

$$= (1,24739 \cdot 10^{-6} - 8,762 \cdot 10^{-7}) + 2 \cdot (3,976 \cdot 10^{-8} - 2,2431 \cdot 10^{-8}) = 4,05848 \cdot 10^{-7} м^4$$

$\frac{I^2 g}{I^2} \cdot \sqrt{\frac{D}{m}}$  – колова частота

$m = 1,517 \cdot 9,81 = 14,88 \frac{Н \cdot М}{М \cdot с^2} = \frac{Н}{с^2}$  – погонна вага,

$D = EI_z = 7,1 \cdot 10^{-4} \cdot 4,05848 \cdot 10^{-7} = 0,028815 мН \cdot м^2$

$\frac{3,219}{5,1984} \cdot \sqrt{\frac{0,028815}{14,88}} = 27,89$  – Колова частота крила без обшивки [3],     $\frac{27,29}{2 \cdot \pi} = 4,34 Гц.$

Деталізуючи графік (рис.3) шляхом інтерполяції знаходимо частоту коливань при стендових випробуваннях:

$62496$  відміток /20с.     $\frac{62496}{20} = \frac{720}{x}$  ;     $x = 0,23с.$      $\frac{1}{с} - Гц,$      $\frac{1}{0,23} = 4,29 Гц.$

Як бачимо різниця між теоретичним розрахунком та стендовими випробуваннями складає менше 1%.

## 2. Визначення частоти коливань БЛА з обшивкою.

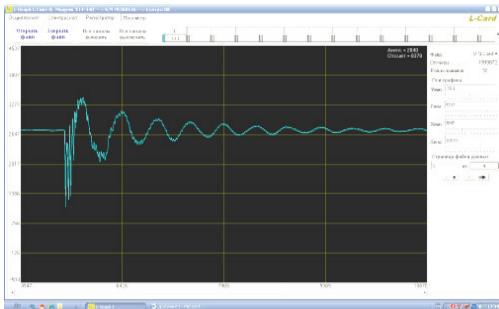


$m = 2,214 \text{ кг./м. п.}$  – вага крила

$$m = 2,214 \cdot 9,81 = 21,728 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \cdot \frac{\text{М}}{\text{с}^2} = \frac{\text{Н}}{\text{с}^2} \text{ – погонна вага}$$

Оскільки жорсткість крила з обшивкою складно обчислити,

Рисунок 4. Крило з обшивкою



розглядаємо зворотню задачу, взявши технічну частоту з рельного польоту [4].

$$\frac{3,219}{5,1984} \cdot \sqrt{\frac{D}{21,728}} = 40,84 \text{ – колова частота крила з обшивкою}$$

$$\frac{40,84}{2 \cdot \pi} = 6,5 \text{ Гц,} \text{ – технічна частота}$$

Деталізуючи графік (рис.5) шляхом інтерполяції знаходимо частоту коливань при стендових випробуваннях:

$$62496 \text{ відміток / } 20 \text{ с.} \quad \frac{62496}{20} = \frac{470}{x}; \quad x = 0,1504 \text{ с.}$$

Рисунок 5. Амплітуда коливань крила з обшивкою

За допомогою графіку можна визначити частоту замірявши число амплітуд за певний проміжок часу:  $0,6243 \text{ с.} / 4 \text{ амплітуди} = 0,15607 = 1/15607 = 6,4 \text{ Гц}$ . Різниця між теоретичним розрахунком та стендовими випробуваннями складає менше 4%.

Висновки. Таким чином експериментальне дослідження частот коливань розглянутих конструкцій (БЛА) підтверджено теоретично для обох варіантів конструкції крила.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В. Вибропоглощаючі властивості конструкційних матеріалів // Справочник. - Київ: Наук. думка, 1971. - С.375.
2. Матвеев В.В. Демпфирование колебаний деформируемых тел // - Київ: Наук. думка, 1985. - С.263.
3. Международный научно-технический журнал "Проблемы прочности" Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины, 2012. Піскунов В.Г., Гриневицький Р.В. "Розв'язання задачі коливань балок змінного перерізу методом скінченних різниць" с.75- с.81.
4. Мариношенко Олександр Петрович "Динамічне деформування видовжених балкових систем набігаючим повітряним потоком" Автореферат дисертації к.т.н. Київ 2010 НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"

### РЕФЕРАТ

Гриневицький Р.В. Експериментально-теоретичне дослідження коливань крила безпілотного літального апарату./ Роман Володимирович Гриневицький // Вісник НТУ. – К.:НТУ- 2012. Вип.26

В роботі виконано експериментально-теоретичне дослідження коливань крила безпілотного літаючого апарату (БЛА), розробленого на кафедрі керування літальними апаратами Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Розглянуто два варіанта конструкції: крило без обшивки (рис.1) та з обшивкою (рис.4).

Об'єкт дослідження – конструкція крила безпілотного літального апарату.

Мета роботи – експериментально-теоретичне дослідження коливань крила безпілотного літального апарату.

Методи дослідження – розрахунково-теоретичні.

По технічним та геометричним характеристикам знайдено моменти інерції та жорсткість крила з обшивкою та без неї. Проведено стендові дослідження коливань крила за допомогою високоточного

вимірювального пристрою акселерометра. З достатньою точністю теорію підтверджено розрахунком частот коливань обох варіантів конструкції крила.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: КОНСТРУКЦІЯ КРИЛА, КОЛИВАННЯ.

#### ABSTRACT

Grinevitsky RV Experimentally and theoretical study of vibrations wing drone. / Roman V. Grinevitsky // Visnyk NTU. – K.: NTU. – 2012. – Vol. 26.

The work performed experimental and theoretical study of vibrations wing unmanned flying vehicle (UAV), developed at the Department of Control aircraft of the National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute". Two design options: wing without plating (Fig. 1) and plating (Fig. 4).

Object of research - design wing drone.

Purpose - experimentally and theoretical study of oscillations wing drone.

Methods - Payment theoretical.

For technical and geometrical characteristics found moments of inertia and stiffness of the wing covering and without it. A bench research wing oscillations using precision measuring device accelerometer. With sufficient accuracy theory is confirmed by calculation of vibration frequencies of both design options wings.

Key words: Structures wings, fluctuations.

#### РЕФЕРАТ

Гриневицкий Р.В. Экспериментально-теоретическое исследование колебаний крыла беспилотного летательного аппарата. / Роман Владимирович Гриневицкий // Вестник НТУ. - К.: НТУ - 2012. Вып.26.

В работе выполнен экспериментально-теоретическое исследование колебаний крыла беспилотного летательного аппарата (БЛА), разработанного на кафедре управления летательными аппаратами Национального технического университета Украины «Киевский политехнический институт». Рассмотрены два варианта конструкции: крыло без обшивки (рис.1) и с обшивкой (рис.4).

Объект исследования - конструкция крыла беспилотного летательного аппарата.

Цель работы - экспериментально-теоретическое исследование колебаний крыла беспилотного летательного аппарата.

Методы исследования - расчетно-теоретические.

По техническим и геометрическим характеристикам найдено моменты инерции и жесткость крыла с обшивкой и без нее. Проведено стендовые исследования колебаний крыла с помощью высокоточного измерительного устройства акселерометра. С достаточной точностью теорию подтверждено расчетом частот колебаний обоих вариантов конструкции крыла.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА : КОНСТРУКЦИЯ КРИЛА, КОЛЕБАНИЯ.

УДК 539.3

#### МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КРУТИЛЬНИХ АВТОКОЛИВАНЬ БУРИЛЬНОЇ КОЛОНИ В РІДКОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Гуляев В.І., доктор технічних наук

Глушакова О.В., кандидат фізико-математичних наук

Глазунов С.М.

Постановка проблеми.

В даний час в практиці проходки нафтових і газових свердловин найбільше розповсюдження отримав роторний спосіб буріння. Для його здійснення застосовуються спеціальні бурові установки, які являють собою комплекс бурового обладнання і споруд.

Бурова установка для розвідки і розробки родовищ нафти і газу в загальному вигляді містить: бурові споруди (бурова вишка); спуско-підймальне обладнання (лебідка); силове обладнання для приводу лебідки, ротора і бурових насосів, обладнання для обертання бурильної колони (обертальний стіл); промивну рідину, що циркулює в порожнині свердловини, та долото (рис.1).

Одним з динамічних явищ, що сприяє виникненню позаштатної ситуації в процесі буріння, є самозбудження крутильних коливань обертової бурильної колони (БК). Оскільки БК являє собою