

СЕКЦІЯ XVII. ТРАНСПОРТ ТА ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЗОНАНСНИХ КОЛИВАНЬ АВІАЦІЙНИХ КАНАТІВ У СИСТЕМАХ КЕРУВАННЯ ЛІТАКІВ І ДВИГУНІВ

Капітанова Людмила Валеріївна

ORCID ID: 0000-0003-3878-6734

доктор техн. наук, доцент, професор кафедри проектування літаків та вертольотів
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», Україна

Рябков Віктор Іванович

ORCID ID: 0000-0001-6512-052X

доктор техн. наук, професор, професор кафедри проектування літаків та вертольотів
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут», Україна

Командиру повітряного судна під час польоту доводиться багаторазово змінювати режим його двигунів. Існує кілька шляхів передачі управлінських сигналів від пілота літального апарата до двигунів. Досить часто використовується передача таких команд за допомогою механічної проводки у вигляді авіаційних каналів діаметром 3, 4 і 5 мм (рис. 1). Такі канали спираються на рухомі ролики, а міжроликова їхня відстань обкатується алюмінієвою оболонкою, що підвищує поздовжню жорсткість. Така система має мінімальну масу, задовольняє умову статичної міцності і не повалена зовнішнім електронним впливам.

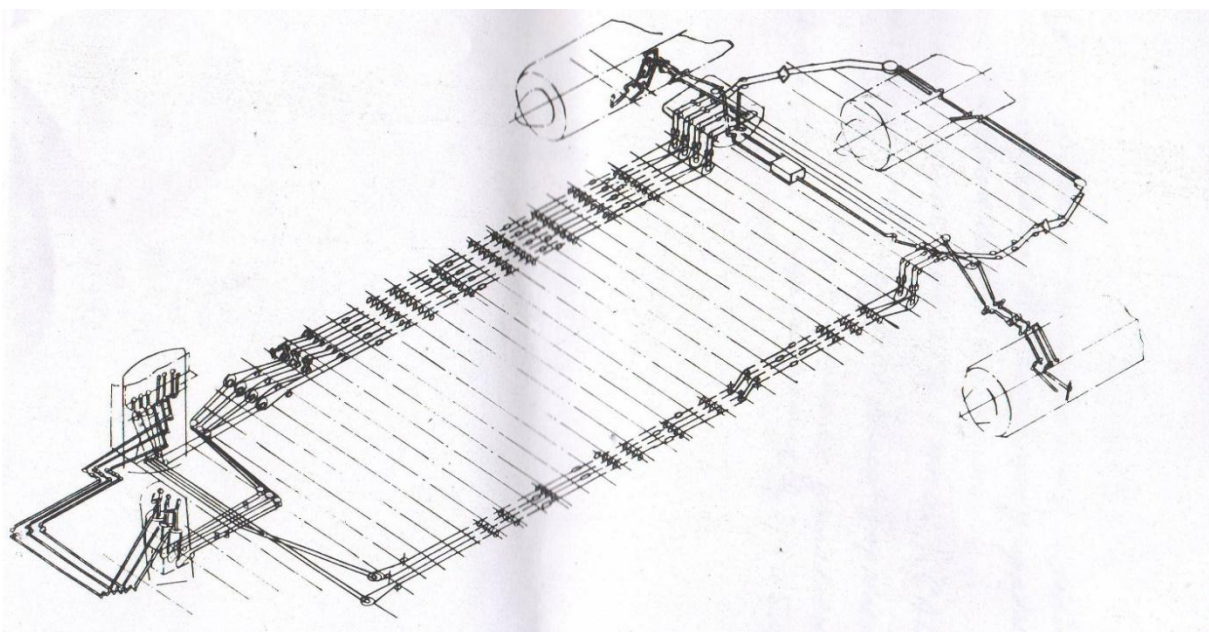


Рис. 1 Схема керування двигунів літака за допомогою авіаційних канатів

Згідно з вимогами "Єдиних норм льотної придатності", такі проводки механічного управління повинні працювати плавно, без автоколивань і небезпечних вібрацій, що загрожують міцності і ускладнюють пілотування. Виконання цієї вимоги досягається шляхом перевірки тяг і ділянок канатної проводки управління на резонансні коливання шляхом визначення власних коливань, які повинні підкорятися умові

$$v(\Phi_y) \neq \eta_{\text{дв}} \pm 300 \quad (1)$$

де $v\left[\frac{\text{КОЛ}}{\text{ХВИЛ}}\right]$ – частота власних коливань окремо взятих ділянок проводки управління;

(Φ_y) – параметри конструювання ділянки каналу;

$\eta_{\text{дв}}$ – число обертів двигуна або гвинта за хвилину.

У загальному випадку $\eta_{\text{дв}}$ є частотою вимушених коливань.

Якщо врахувати, що V фактично є функцією параметрів конструювання (Φ_y) каналу керування, то можна сказати, що вираз (1) наразі є єдиним критерієм вибору (Φ_y) , що задовольняє умову відсутності резонансних явищ на окремих ділянках каналів керування.

Однак, навіть при виконанні умови (1) для кожної окремої взятої ділянки в реальних гелікоптерах і літаках (Ми-24, Ан-124) відмічено випадки резонування декількох ділянок канатів управління і при цьому їх розрахункові частоти не задовольняють умові (1).

З урахуванням цієї обставини існує проблема вибору параметрів (Φ_y) , що дають змогу уникнути резонансних коливань гнучких каналів, стосовно керування літаком і двигунами.

У цій доповіді запропоновано резонансну частоту Y (Гу) визначати за виразом

$$v(\Phi_y)_i = \frac{\sqrt{\lambda_i}}{2\pi} \quad (2)$$

У цьому виразі параметр V_i представляє узагальнену інформацію про ділянку каната, що перебуває на двох опорах (рис. 2).

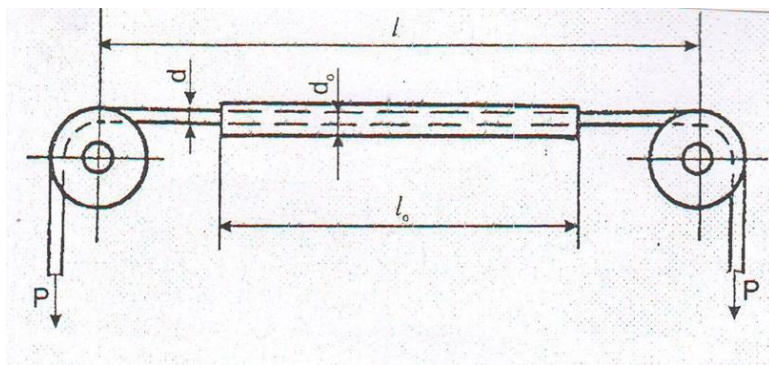


Рис. 2. Схема ділянки каната, що знаходиться на двох опорах

l – загальна довжина ділянки каната; l_0 – довжина каната в оболонці;

d – діаметр каната; d_0 – діаметр оболонки; P – сила попереднього натягу каната;

$l - l_0$ – довжина каната без оболонки

З урахуванням прийнятих позначень, параметр λ_i є функцією ℓ_0/ℓ , $EF(\ell)$, EJ і мають істотний вплив на поперечні коливання каната.

На основі використання виразу (2) встановлено, що як для звичайних канатів, так і для канатів в оболонках істотно впливає на частоту власних коливань натяг і довжина ділянки між опорами. Для модифікованих проводок зміна власних частот може бути досягнута також за рахунок застосування каната іншого діаметра або довжини оболонки. Суттєво впливає параметр ℓ_0/ℓ на власну частоту на коротких ділянках, за більших натягу і більш високих гармонік. Зміна діаметра оболонки також впливає на вищі гармоніки, але менше виявляється на коротких ділянках (рис. 3).

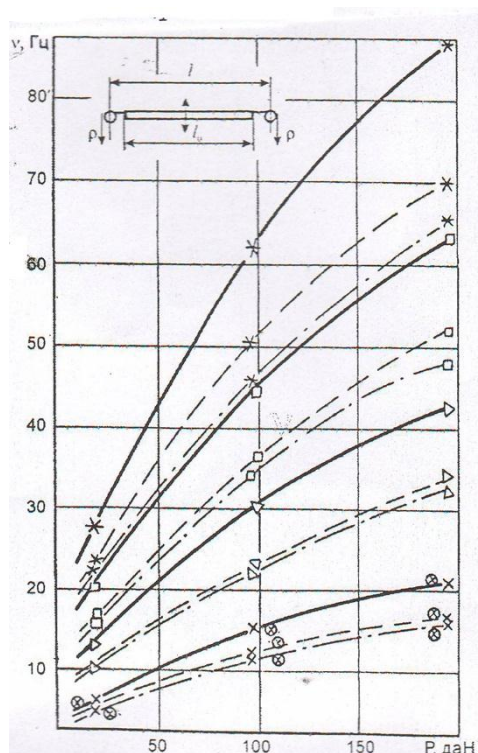


Рис. 3. Частоти (V) власних коливань ділянки каната в оболонках різних діаметрів при $\ell_0/\ell = 0,8$;

P –зусилля натягу каната; $x, \Delta, \square$ – 1-ша, 2-га, 3-тя і 4-та гармоніки відповідно;

— · — · — канат діаметром $d = 4,5$ мм в оболонці діаметром $d_0 = 6,2$ мм;

——— канат діаметром $d = 4,5$ мм в оболонці діаметром $d_0 = 6,2$ мм;

———— канат діаметром $d = 4,5$ мм в оболонці діаметром $d_0 = 6,2$ мм;

Висновки. Конструкція самого канату при однаковому діаметрі практично не змінює частот власних коливань.

1. Істотний вплив на частоту власних коливань має попередній натяг канату.

2. Гарний збіг розрахункових і експериментальних даних дає змогу використовувати залежності (1) і (2) під час проектувальних розрахунків канатів керування для уникнення резонансних явищ.