

М.П. Дивнич, к.т.н., доц. (Національний авіаційний університет)
Б.О. Панченко, студент (Національний авіаційний університет)

Лазерний віброметр автоматизованої системи випробувань авіадвигунів

Підвищення надійності при створення нових машин та обладнання є неможливим без проведення вібраційних випробувань як окремих елементів, так і устаткування в цілому. У результаті вібраційних випробувань визначають динамічні характеристики об'єктів випробувань віброміцність та вібростійкість.

Випробування на вібраційну міцність дозволяють оцінити спроможність об'єкту зберігати міцність в умовах впливу вібрації та після її припинення. Випробування на вібраційну стійкість дозволяє оцінити властивість об'єкта при заданій вібрації виконувати потрібні функції та зберігати в межах норм значення параметрів [1].

Під час проведення таких випробувань перспективним є застосування у автоматизованої системі безконтактного лазерного віброметра.

Відомий лазерний доплерівський віброметр, що дозволяє одночасно вимірювати дві складові швидкості вібрації.

Такий віброметр побудований на основі лазерного доплерівського вимірювача швидкості (ЛДВШ) з опорним променем та ЛДВШ диференціального типу.

Він може вимірювати як складову швидкості що лежить у площині, яка утворена двома лазерними променями диференціального ЛДВШ такі складові швидкості, що направлена вздовж опорного лазерного променя (див. рис. 1 [1]).

Але такий віброметр не може вимірювати складову швидкості вібрації, що перпендикулярна площині, яка утворена двома лазерними променями диференціального ЛДВШ.

Пропонується лазерний доплерівський віброметр, призначений для вимірювання двох складових швидкості вібрації у тому числі складової, що перпендикулярна площині, яка утворена двома лазерними променями диференціального ЛДВШ.

Такий віброметр побудований на основі ЛДВШ з опорним променем та ЛДВШ інверсно-диференціального типу.

На рис. 1 представлена та частина віброметра, яка призначена для вимірювання складової швидкості вібрації V_x в напрямку осі Ox .

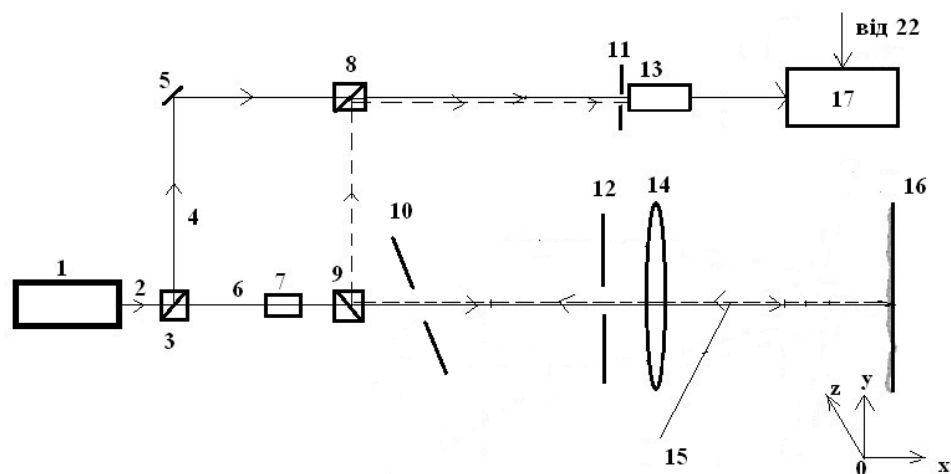


Рис. 1. Схема віброметра в режимі вимірювання V_x складової швидкості вібрації.

Ця частина приладу побудована на основі ЛДВШ з опорним променем та працює наступним чином.

Випромінювання лазера 1 (або лазерного діоду) 2 світло подільним елементом 3 поділяється на два промені 4 та 6.

Промінь 4 відбивається від дзеркала 5, проходить, світло подільний елемент 8 та попадає на фотоприймач 13, перед яким встановлена діафрагма 11.

За світло подільним елементом 3 по напрямку розповсюдження лазерного променя 6 встановлений пристрій зсуву частоти лазерного променя 7.

Далі на шляху променя 6 послідовно встановлені світло подільний елемент 9, дзеркало 10, діафрагма 12 та об'єктив 14.

Діафрагма 12 має три отвори (рис. 2 а). Площина, в якій розташована діафрагма 12 перпендикулярна осі променя 6. Центр першого отвору 1 співпадає з віссю лазерного променя 6.

Отвори, що позначені цифрою 2, розташовані на відстанях, симетричних відносно осі лазерного променя 6, а їх центри знаходяться в площині, що перпендикулярна площині, яка утворена променями 4 і 6.

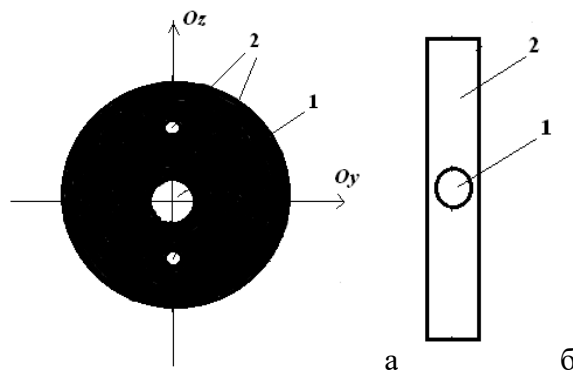


Рис. 2. Форма діафрагми 12 (а) та дзеркала 10 (б).

Дифузне розсіяне випромінювання 15 від об'єкту досліджень 16 збирається об'єктивом 14 в межах центрального отвору діафрагми 12 (рис.2 а) та послідовно відбивається від світло подільних елементів 9 та 8 і потрапляє на фотоприймач 13.

В результаті оптичного гетеродинамування розсіяного випромінювання 15 та опорного лазерного променя 4 на виході фотоприймача 13 утворюється сигнал, частота якого пропорційна складовій швидкості вібрації у напрямку осі Ox :

$$\Omega_x = \Omega_m + \frac{2V_x}{\lambda},$$

де: Ω_m - частота модуляції пристрою зсуву частоти 7; V_x - швидкість вібрації об'єкту в напрямку осі Ox ; λ - довжина хвилі променя лазера.

Вихід фотоприймача 13 підключений до пристрою вимірювання частоти доплерівського сигналу 17.

Сигнал з виходу фотоприймача 13 поступає на вимірювач доплерівської частоти 17 за допомогою якого визначається значення V_x складової швидкості вібрації.

Схема приладу в режимі вимірювання Oz складової швидкості вібрації побудована на основі ЛДВШ інверсно-диференціального типу та представлена на рис. 3.

Вимірювання V_z складової швидкості вібрації відбувається наступним чином.

За допомогою діафрагми 12, що має отвори 2, (див. рис. 2 а) з розсіяного об'єктом 16 випромінювання виділяються два дифузно розсіяних променя 18.

Промені 18 розташовані у площині, що перпендикулярна площині, яка утворена променями 4 і 6.

Дзеркало 10 має отвір 1 (рис. 2 б), центр якого лежить на осі променя 6 та покриття 2, що відбиває випромінювання на довжині хвилі λ . За допомогою дзеркала 10 промені 18 направляються до об'єктива 20. Оптична вісь 19 об'єктива 20 перпендикулярна площині, яка утворена променями 4 та 6.

Об'єктивом 20, перед яким встановлена діафрагма 21 промені 18 направляються на фотоприймач 22. Вихід фотоприймача 22 підключений до вимірювача частоти доплерівського сигналу 17.

В результаті оптичного гетеродинаування розсіяних променів 18, які мають різні частоти, на виході фотоприймача 22 утворюється сигнал, що пропорційний складової швидкості вібрації у напрямку осі $Oz - V_z$:

$$\Omega_y = \Omega_m + \frac{2|V|}{\lambda} \sin\left(\frac{\beta}{2}\right),$$

де: β – кут між розсіяними променями 18.

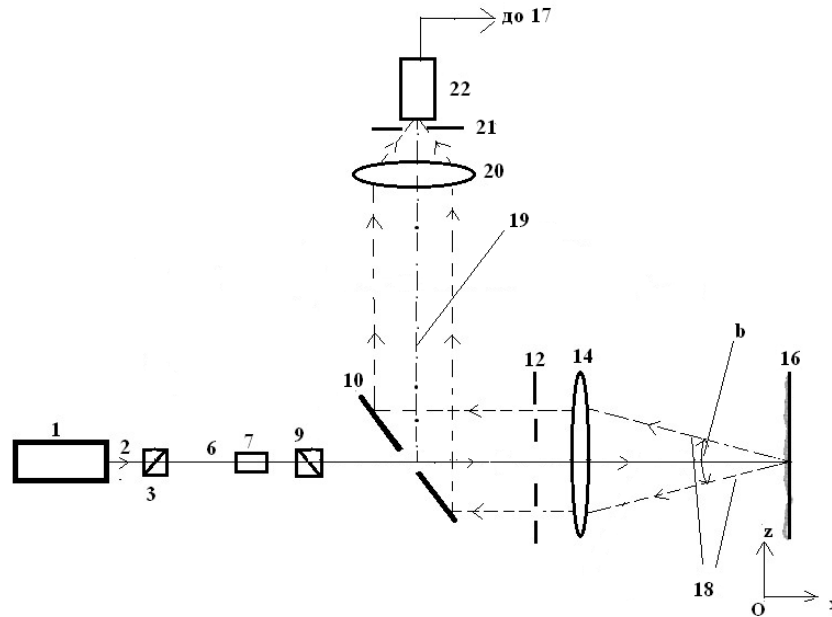


Рис. 3. Схема віброметра в режимі вимірювання V_z складової швидкості вібрації

Вихід фотоприймача 22 підключений до пристрою вимірювання частоти доплерівського сигналу 17, за допомогою якого визначається значення V_z складової швидкості вібрації.

Завдяки безконтактності та функціональності лазерного віброметра, у нього є потенціал застосування в різноманітних галузях, включаючи випробування авіадвигунів, автомобільних двигунів та під час вібраційного аналізу енергетичного устаткування .

Його застосування в системах випробувань авіадвигунів покликане покращити ефективність та безпеку польотів, забезпечуючи точний моніторинг вібрацій і виявлення потенційних проблем на ранніх стадіях розробки та експлуатації.

Практичне використання такого пристрою дозволить поліпшити якість, надійність та ефективність технічних рішень в сучасній інженерії та науково-дослідних роботах.

Список літератури

1. Нагорний В. М. Введення в технічну діагностику машин: навчальний посібник / В. М. Нагорний. — Суми: Сумський державний університет, 2011. — 482 с.
2. Пат. на корисну модель 134473 Україна, МПК G01 (2006/1) Н 9/00 Лазерний двокомпонентний віброметр/М.П. Дивнич, В.М. Дивнич. № u 2018 10275; заявл. 16.10.2018; опубл., 27.05.2019, Бюл. №10.2019.