

## БЕЗКОНТАКТНИЙ ДОППЛЕРІВСЬКИЙ ВИМІРЮВАЧ ВІБРАЦІЇ, ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ АВІАДВИГУНІВ

*Автор Мовчан О. С.*

*(Науковий керівник – ст. вик. Адаменко В. О.)*

В авіапромисловості процес вимірювання вібрації авіадвигунів застосовується для забезпечення безпеки польотів, виявлення дефектів на ранніх стадіях їх виникнення, своєчасного вжиття заходів щодо запобігання поломок обладнання, для достовірного вимірювання значень фізичних величин, що визначають стан авіаційної техніки. На підприємствах з виготовлення авіадвигунів є необхідність у безконтактному віброметрі, вимірювання якого на відміну від контактних датчиків не буде залежати від температури, при експлуатації з авіадвигунами [3]. Після огляду публікацій, прийнято рішення використовувати лазерний метод вимірювання вібрації, який працює на принципах ефекту Доплера [2].

Схема доплерівської вимірювальної системи на основі інтерферометра Майкельсона (рис. 1) складається з лазера (1), світлоподільного елементу (2), лінзи (3), об'єкту вібраційного контролю (4), нерухомого дзеркала (5), фотоприймача (6).

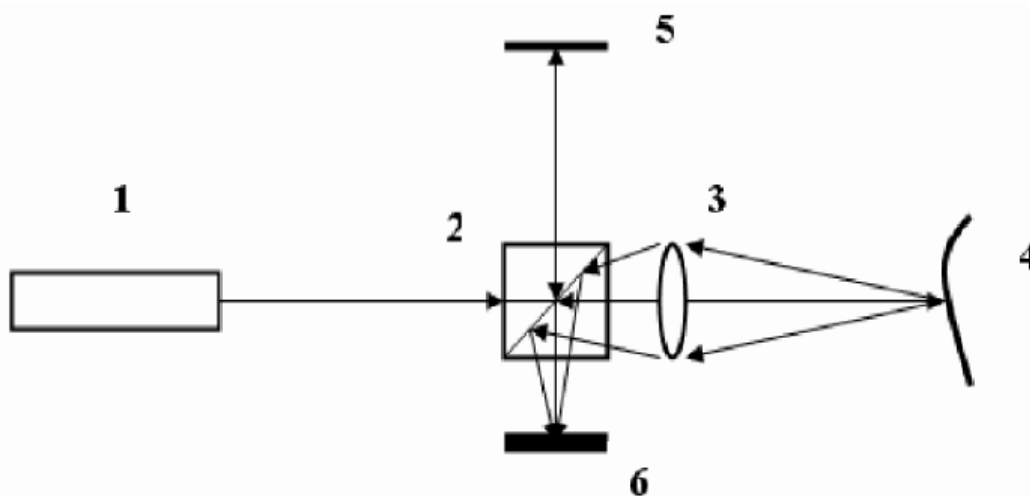


Рисунок 1 — Схема доплерівської вимірювальної системи на основі інтерферометра Майкельсона

Ефект Доплера полягає в зміні частоти електромагнітного випромінювання при відносному русі приймача і джерела випромінювання [1].

Якщо приймач і джерело випромінювання знаходяться в одній системі координат, а випромінювання відбивається від іншої, то при відносному русі цих двох інерційних систем координат має місце дворазовий ефект Доплера.

В цьому випадку доплерівська зміна частоти відбитого випромінювання визначається як

$$\omega_d(t) = \frac{\omega}{\left(1 - \frac{\omega_B \cdot D \cdot \cos(\omega_B \cdot t)}{c}\right)} \quad (1)$$

де  $\omega$  — кутова частота випромінювання лазера;  $\omega_B$  — кутова частота вібрації об'єкта вимірювання;  $c$  — швидкість світла,  $D$  — амплітуда вібрації.

Лазер випромінює сигнал який змінюється за гармонійним законом

$$u(t) = V \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (2)$$

де  $V$  — амплітуда сигналу,  $\omega$  — кутова частота випромінювання лазера.

Відбитий від об'єкта вимірювання сигнал має наступний вигляд

$$u_B(t) = V \cdot \sin(\omega_d(t) \cdot t) \quad (3)$$

При складенні у фотоприймачі сигналу який випромінює лазер (Рис. 2) та сигналу відбитого від об'єкта вимірювання вібрації (Рис. 3), отримаємо сумарний сигнал (Рис. 4), проаналізувавши який можна визначити віброшвидкість об'єкта вимірювання.

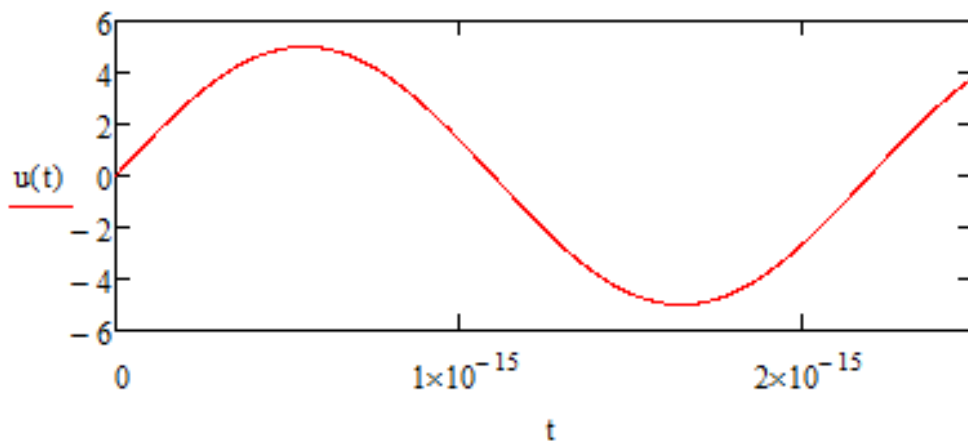


Рисунок 2 — Сигнал який випромінює лазер

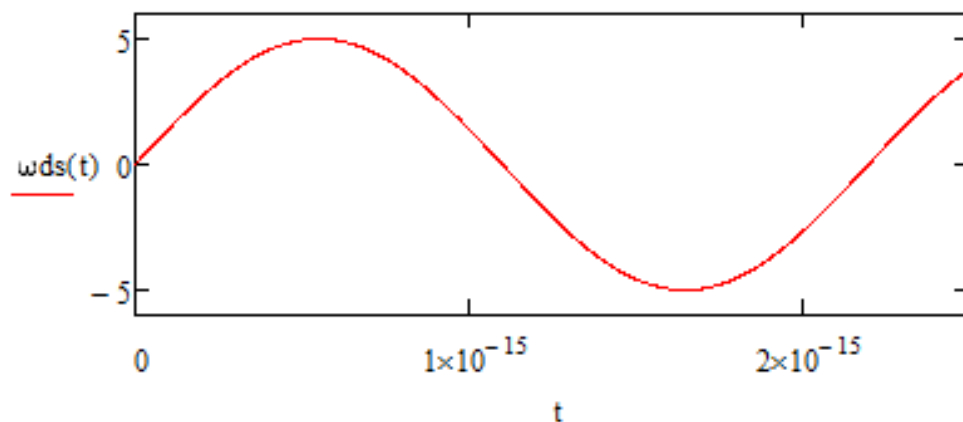


Рисунок 3 — Сигнал відбитий від об'єкта дослідження

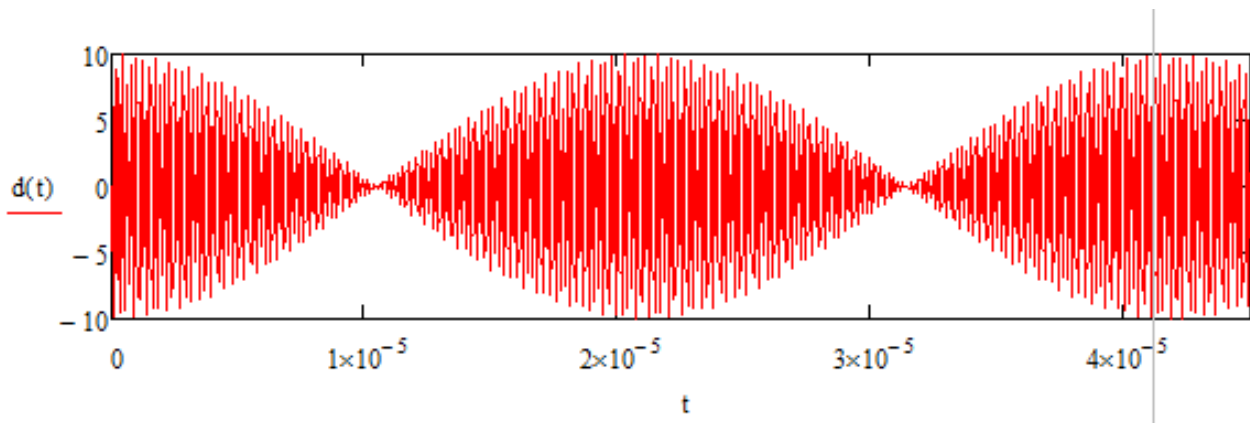


Рисунок 4 — Сумарний сигнал

Час між сусідніми нулями амплітуди сумарного сигналу обернено пропорційний віброшвидкості та прямо пропорційно довжині хвилі випромінювання лазера

$$\mathcal{V} = \frac{\lambda}{T} \quad (4)$$

де  $\mathcal{V}$  — віброшвидкість,  $\lambda$  — довжина хвилі випромінювання лазера,  $T$  — час між сусідніми нулями.

Таким чином, проведено математичне моделювання безконтактного методу вимірювання вібрації, працюючого за допомогою лазера на принципах ефекту Доплера, яке буде використано в магістерській дисертації для проектування віброметра.

### **Перелік посилань**

1. Иванов И. О. Измерение вибрации двигателей на воздушных судах: Учебное пособие / И. О. Иванов — К. : КИИГА, 1991. — 32 с.
2. Ушаков А. П. Применение лазерной вибродиагностики в процессе стендовых испытаний агрегатов авиационной техники [Текст] / А.П. Ушаков, А.В. Озеров, А.Ю. Калеменин, П.А. Хабаров // Межвуз. Темат. Сб. научных трудов «Проблемы эксплуатации и совершенствования транспортных систем». — СПб., 2009. — Том XI. — С. 5—15.
3. Журавлев О. А. Лазерная виброметрия механических конструкций: учеб. пособие / О. А. Журавлев и др. — Самара: Изд-во Самара, рос. аэрокосм. ун-та, 2006. — 72 с.

### **Анотація**

Представлено модель установки для вимірювання вібрації авіадвигунів безконтактним методом, використовуючи лазер та принципи ефекту Доплера.

Ключові слова: лазер, ефект Доплера, вібрація.

### **Abstract**

The model of the installation for measuring the vibration of aircraft engines by contactless method using the laser and the principles of the Doppler effect is presented.

Keywords: laser, Doppler effect, vibration.