

ВИННИЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ КИБЕРНЕТИКИ им. акад. В. М. ГЛУШКОВА  
НАН УКРАИНЫ

---

3-я международная научно-техническая конференция

**КОНТРОЛЬ И УПРАВЛЕНИЕ  
В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

г. Винница, 18—21 сентября 1995 года

*Тезисы докладов*

ЧАСТЬ II

Секции 3—4

Винница 1995



## ОПТИЧЕСКИЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ МАЛЫХ АМПЛИТУД МЕХАНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ И ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Бесконтактные методы измерения параметров механических колебаний, основанные на оптической интерферометрии, получили широкое распространение при градуировке и поверке виброизмерительной аппаратуры, приборов для измерения переменных давлений и для акустических измерений. В докладе предлагается оптическая гетеродинная установка для измерения малых амплитуд (меньших  $\lambda/8$ , где  $\lambda$  — длина волны излучения лазера) механических колебаний.

Предлагаемая установка содержит лазер, два полупрозрачных зеркала, отражающее зеркало, два акустооптических модулятора, два генератора с системой ФАПЧ, смеситель электрических колебаний, оптический смеситель, фотоприемник, фазовращатель, умножитель частоты, усилитель, объект контроля и электронно-лучевую трубку.

Информация об амплитуде механического колебания объекта содержится в индексе угловой модуляции сигнала, отраженного от объекта:

$$\theta = \frac{4\pi}{\lambda} \Delta l_m,$$

где  $\Delta l_m$  — амплитуда вибрации.

При вибрации объекта контроля пространственная фаза отраженного луча изменяется на величину  $\Delta\varphi = \theta y(t)$ , где  $y(t)$  — закон изменения амплитуды механического колебания. Сигнал на выходе фотоприемника в случае квадратичного режима детектирования определяется как

$$U_2(t) = U_{m2} \sin [\omega t + \theta y(t) + \varphi_0],$$

где  $\varphi_0$  — начальная фаза.

Малые индексы угловой модуляции измеряются на экране осциллографа с помощью фигуры Лиссажу при подаче на горизонтальную пару пластин фазово-модулированного колебания  $U_2(t)$ , а на вертикальную — колебания  $U_2(t) = U_{m2} \sin n\omega t$ , где  $n = 1, 2, 3, \dots$  — коэффициент кратности частот. Тогда при  $\varphi_0 = 0$  (что всегда можно обеспечить при по-



мощи фазовращателя) наблюдается многократная фигура Лиссажу. Расстояние между двумя симметричными относительно оси Y точками пересечения кривой с осью X равно

$$x_k - x_{k+n} = -2A \cos \left[ \frac{2k+n}{2n} \pi + \theta \gamma(t) \right]. \quad (1)$$

При  $k=0$  уравнение (1) принимает вид  $x_0 - x_n = 2A \sin \theta \gamma(t)$ , а при  $\theta=0$  -  $x'_k - x'_{k+n} = -2A \cos(2k+n)\pi/2n$ . Разделив последние уравнения одно на другое, получим:

$$\sin \theta \gamma(t) = - \frac{x_0 - x_n}{x'_k - x'_{k+n}} \cos \frac{2k+n}{2n} \pi. \quad (2)$$

Если  $\theta=0$ , то точки  $x_0$  и  $x_n$  совпадают с началом координат. Если же  $\theta \neq 0$ , то эти точки смещаются относительно начала координат, при этом  $x_0 - x_n = cc'$ . Обозначив  $x'_k - x'_{k+n} = bb'$  при  $k=1$  и учитывая, что в случае  $\theta < \frac{\pi}{2}$  максимальная размытость  $cc'_{max}$  будет при  $\gamma(t)=1$ , получим:

$$\theta = \arcsin \left[ - \frac{cc'_{max}}{bb'} \cos \frac{2+n}{2n} \pi \right].$$

В случае равных частот ( $k=0,5$ ) расчетная формула при  $n=1$  принимает вид:

$$\theta = \arcsin \frac{cc'_{max}}{2A},$$

где  $2A$  - проекция фигуры на ось X.

При измерении индекса угловой модуляции у сигнала с большей частотой чувствительность измерения понижается в  $n$  раз.

Паразитная амплитудная модуляция, которая появляется вследствие изменения интенсивности отраженного от объекта контроля луча, не будет влиять на величину размытости фигуры вдоль оси X, т.е. не будет вносить погрешности в определение индекса угловой модуляции.

Предложенным способом можно измерять и амплитуды малых перемещений по смещению фигуры Лиссажу вдоль оси X.

Т.к. погрешности измерения индекса угловой модуляции являются независимыми случайными величинами, можно считать, что общая относительная погрешность будет менее 10%, т.е. можно считать, что максимальная абсолютная погрешность измерения будет составлять  $0,1 \Delta L_m = \lambda/80$  и уменьшаться с увеличением  $n$ . Разрешающая способность предлагаемого метода составляет  $\lambda/320 \dots \lambda/400$ , что при использовании лазера с длиной волны  $\lambda = 0,63$  мкм составляет 1,58...1,97 нм.