

**Секція: ІМОВІРНІСНІ МОДЕЛІ БІОФІЗИЧНИХ СИГНАЛІВ І ПОЛІВ ТА
ОБЧИСЛЮВАЛЬНІ МЕТОДИ І ЗАСОБИ ЇХ ІДЕНТИФІКАЦІЇ,
ПРИЛАДОБУДУВАННЯ**

Керівники: **проф. Б. Яворський, проф. Р. Ткачук, проф. М. Паламар,
доц. В. Яськів**

Вчений секретар: **доц. Л. Дедів**

УДК 621.326

І. Зелінський, канд. фіз.-мат. наук, доцент, М. Яворська, канд. техн. наук, доц.
Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пулюя, Україна

СПОСІБ ФОТОРЕЄСТРАЦІЇ ОПТИЧНИХ МАРОК

I. Zelinsky, M.Yavorska

METHOD OF REGISTRATION OF OPTICAL MARKS

В ряді галузей промисловості, таких як авіа-, антено-, суднобудування та ряді інших необхідно проводити контроль форми поверхонь в процесі їх виготовлення. Для цього застосовують оптичні пристрої, що дозволяють експериментально отримати координати множини точок контрольованої поверхні та аналітично визначити її форму. Спосіб отримання координат точок поверхні полягає у створенні оптичних марок на поверхні, їх фотографуванні з фіксованої базової відстані та математичній обробці результатів експерименту. Проте, застосування лазерних джерел світла приводить до зернистості зображень оптичних марок, що ускладнює визначення їх координат.

В роботі пропонується спосіб фотографування марок, який дозволяє отримувати зображення з рівномірним розподілом інтенсивності, зручним для визначення їх координат. Отримано аналітичні співвідношення, що характеризують чутливість оптичного пристрою при вимірюваннях координат дослідної поверхні.

Для експериментальних досліджень використовувалась оптична система, схема якої наведена на рис.1.

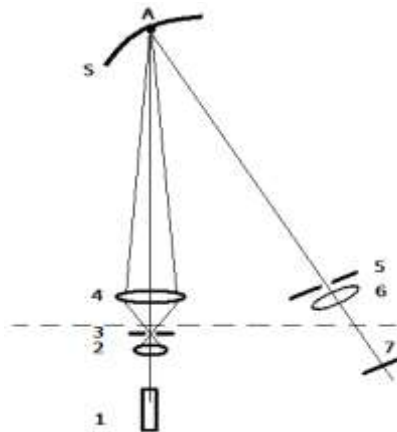


Рисунок 1. Схема оптичної системи. 1-лазер; 2- мікрооб'єктив; 3-фільтруюча діафрагма; 4- формуючий марку об'єктив; 5- амплітудна діафрагма; 6- фотографуючий об'єктив; 7- фотоматриця; S – дослідна поверхня; А – точка поверхні.

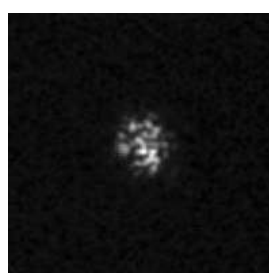
Лазер 1 та оптичні елементи 2-4 створюють в т.А поверхні оптичну марку у вигляді кружка Ейрі. Напівширину зображення марки визначають згідно виразу:

$$r \approx 1.22 \cdot \lambda \cdot L / D, \quad (1)$$

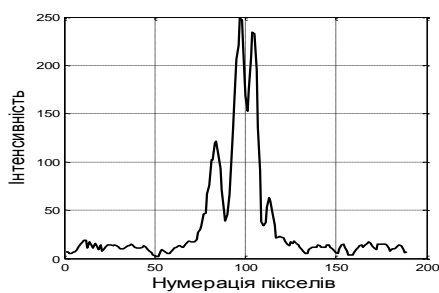
де r – радіус дифракційного максимуму; λ - довжина хвилі лазера; L – відстань від об'єктива до точки А ; D – апертура об'єктива 4. Із-за аберацій оптичної системи та похибок юстування, розміри марки відрізнялись від теоретичних. У нашому

випадку, при $D = 3\text{см}$ та $L = 300\text{см}$, її величина складала $\sim 0.2\text{ мм}$. Під координатами марки розуміємо координати максимуму її інтенсивності.

Фотографічний об'єктив 6 будує зображення марки в площині фотоматриці 7, рис.2а).



а)



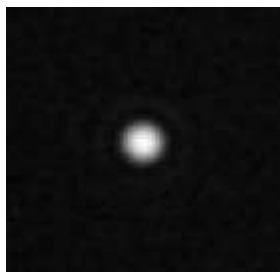
б)

Рисунок 2а,б. Фотографія оптичної марки – а); графік розподілу інтенсивності в одному із січень марки – б).

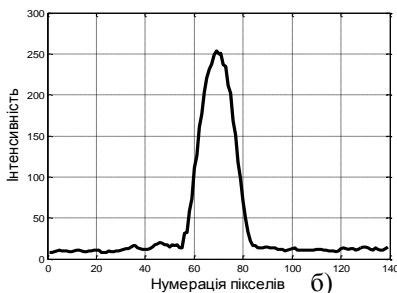
Зернистість отриманого зображення обумовлена неоднорідністю амплітудно-фазового розподілу світлового поля в апертурі об'єктива 6. Такі зображення марок не можуть бути використані для визначення координат з достатньою точністю, оскільки їх максимуми займають випадкові положення.

Для усунення амплітудної модуляції зображень пропонується фільтрувати лише частину світлового поля з рівномірним розподілом інтенсивності. Для цього, перед об'єктивом 6, встановлюється діафрагма 5 діаметр отвору якої менший за розміри скла на даній відстані.

На рис.2б) наведено результати експерименту. Очевидним є рівномірний розподіл інтенсивності зображення та наявність єдиного максимуму. Такі зображення марок використовувались надалі для визначення їх координат.



а)



б)

Рисунок 3а,б. Фотографія зображення оптичної марки з використанням фільтруючої діафрагми – а); графік розподілу інтенсивності світла через центральне січення зображення.

В роботі встановлено аналітичний зв'язок між зміною відстані d_L від об'єктива 4 до поверхні S та зміщенням d_C марки на фотоматриці 7 від початкового положення, що відповідало відстані L :

$$d_L = -\frac{d_C(L-y_5)^2}{x_5 y_5 + d_C(L-y_5)}, \quad (2)$$

де x_5, y_5 - координати центра діафрагми 5 в декартовій системі координат $хоу$, прив'язаній до джерела світла 1. При цьому, чутливість оптичної системи до визначення зміни форми поверхні має наступний вид:

$$\frac{d(d_L)}{d(d_C)} = x_5 y_5 \left(\frac{L-y_5}{x_5 y_5 + d_C(L-y_5)} \right)^2. \quad (3)$$

Отримані співвідношення для оцінки чутливості вимірювальної схеми дають можливість оптимізації її конструктивних параметрів та самого процесу вимірювання у конкретному випадку.