

УДК 621.326

**І. Зелінський, канд. фіз.-мат. наук, доц., М. Паламар, д-р. техн. наук, проф.,
М. Яворська, канд. техн. наук, доц., В. Кругльов**

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

КОНТРОЛЬ ПОВЕРХНІ РЕФЛЕКТОРА В РОБОЧОМУ РЕЖИМІ

**I. Zelinskiy, Ph.D, Assoc. Prof., M. Palamar, Dr., Prof., M. Yavorska, Ph.D, Assoc. Prof.,
V. Kruhlov**

TECHNIQUE OF THE REFLECTOR SURFACE MEASURING IN AN OPERATING MODE

Деформації поверхні дзеркала антени під дією як власної ваги, так і зовнішніх чинників можуть впливати на якість прийому сигналу і тому повинні компенсуватися, або, принаймні, враховуватися в експлуатаційних розрахунках. Однак подані в системі координат, прив'язаній до вимірювального пристрою, заміри контрольних позицій на поверхні рефлектора не дозволяють отримати безпосередню оцінку відхилень його форми від допустимої. Одним із варіантів є перерахунок вимірних значень до системи координат, прив'язаної до досліджуваної поверхні, як було показано в [1]. Проте даний підхід виходить із того, що наперед відомі координати чотирьох контрольних позицій, виміряні в системах координат вимірювального пристрою і поверхні відповідно. Його застосування доцільніше для контролю поверхні рефлектора під час виготовлення чи монтажу і може бути утруднено під час безпосередньої експлуатації для оцінки біжучих деформацій робочої поверхні.

В цьому випадку для оцінки відхилень форми рефлектора від параболоїда в робочому режимі запропоновано наступний алгоритм опрацювання даних вимірювання. Нехай в процесі контролю горизонтальна вісь тахеометра орієнтована паралельно до кутомісної осі z антени. (x_i, y_i, z_i) , $i = 1, 2, \dots, N$ - координати контрольних позицій на поверхні рефлектора в декартовій системі координат, прив'язаній до вимірювального пристрою. В загальному випадку оптимально наближеною до них параболічною поверхнею буде поверхня, апроксимована за методом найменших квадратів за формулою

$$z = a_{20}x^2 + a_{02}y^2 + a_{11}xy + a_{10}x + a_{01}y + a_{00}. \quad (1)$$

Вектор коефіцієнтів $C = [a_{20}, a_{02}, a_{11}, a_{10}, a_{01}, a_{00}]'$ знаходимо як $C = A^{-1}B$, де

$$A = \begin{bmatrix} \sum_1^N x_i^4 & \sum_1^N x_i^2 y_i^2 & \sum_1^N x_i^3 y_i & \sum_1^N x_i^3 & \sum_1^N x_i^2 y_i & \sum_1^N x_i^2 \\ \sum_1^N x_i^2 y_i^2 & \sum_1^N y_i^4 & \sum_1^N x_i y_i^3 & \sum_1^N x_i y_i^2 & \sum_1^N y_i^3 & \sum_1^N y_i^2 \\ \sum_1^N x_i^3 y_i & \sum_1^N x_i y_i^3 & \sum_1^N x_i^2 y_i^2 & \sum_1^N x_i^2 y_i & \sum_1^N x_i y_i^2 & \sum_1^N x_i y_i \\ \sum_1^N x_i^3 & \sum_1^N x_i y_i^2 & \sum_1^N x_i^2 y_i & \sum_1^N x_i^2 & \sum_1^N x_i y_i & \sum_1^N x_i \\ \sum_1^N x_i^2 y_i & \sum_1^N y_i^3 & \sum_1^N x_i y_i^2 & \sum_1^N x_i y_i & \sum_1^N y_i^2 & \sum_1^N y_i \\ \sum_1^N x_i^2 & \sum_1^N y_i^2 & \sum_1^N x_i y_i & \sum_1^N x_i & \sum_1^N y_i & N \end{bmatrix},$$

$$B' = \left[\sum_1^N x_i^2 z_i, \sum_1^N y_i^2 z_i, \sum_1^N x_i y_i z_i, \sum_1^N x_i z_i, \sum_1^N y_i z_i, \sum_1^N z_i \right]$$

Через послідовні заміни змінних: $x' = x - x_0, y' = y - y_0$,

$$x_0 = \frac{2a_{02}a_{10} - a_{11}a_{01}}{4a_{20}a_{02} - a_{11}^2}, y_0 = \frac{2a_{20}a_{01} - a_{11}a_{10}}{4a_{20}a_{02} - a_{11}^2},$$

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \varphi & -\sin \varphi \\ \sin \varphi & \cos \varphi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix}, \text{ де } \varphi = 0.5 \tan^{-1} \frac{a_{11}}{a_{02} - a_{20}},$$

приведемо (1) до канонічної форми:

$$Z = aX^2 + bY^2 + q_0.$$

за якою можемо оцінити відхилення поверхні рефлектора та його функціональних характеристик в робочому стані від теоретично розрахованих.

На рис.1 приведено дві поверхні рефлектора: апроксимована за координатами семи вимірюваних позицій безпосередньо на дзеркалі (нижня) і дистанційно в системі координат вимірювального пристрою з подальшим перерахунком в канонічну систему координат (верхня), отримані при допомозі розробленого за даним алгоритмом програмного забезпечення. Вимірювання проводилися з використанням оптико-електронного тахеометра серії TPS800.

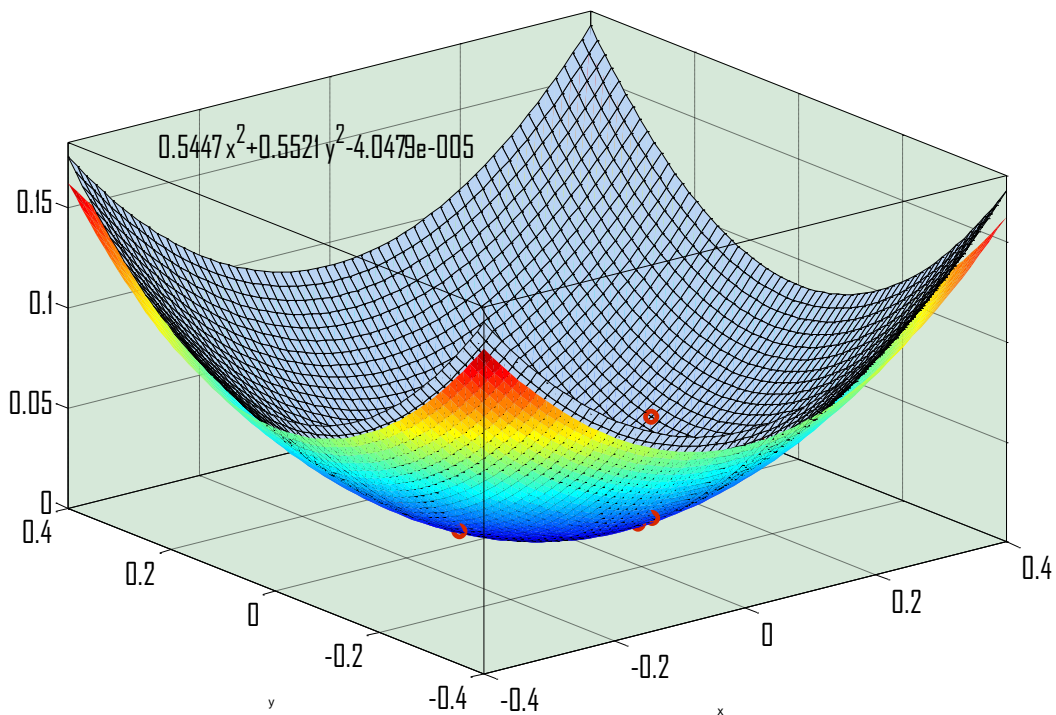


Рис. 1. Накладання поверхонь дзеркала антени за різними варіантами реконструкції

Література

1. Зелінський І.М.; Яворська М.І. Алгоритм обробки даних в системі дистанційного вимірювання просторових координат. Матеріали XVIII наукової конференції ТНТУ ім. І. Пулюя, 2015. С. 33.