

## ОПТИЧНА ПЕРЕДАТОЧНА ФУНКЦІЯ ПРИЙМАЧА НА ПЗЗ

В узагальненому вигляді частотна математична модель роботи космічної оптико-електронної системи спостереження (КОЕСС), як формувача оптичного зображення, містить у собі модель зображення об'єкта, модель атмосфери, модель об'єктива, модель зсуву зображення, модель оптичного ПЗЗ приймача (просторового дискретизатора), модель шуму, модель квантувача (АЦП), підсумкове зображення.

За оптичний приймач, як правило, застосовується прилад на ПЗЗ. Організація таких приладів за принципом зарядового зв'язку забезпечує можливість зчитування масиву електричних сигналів, що відповідають сцені зображення з мінімальними геометричними і тимчасовими шумами. Застосування ПЗЗ, що працюють у режимі накопичення, істотно поліпшило стан справ в області видимого й інфрачервоного діапазонів. Датчики зображень на основі ПЗЗ можуть забезпечувати одночасне виконання ряду функцій, таких, як детектування, зчитування і мультиплексування сигналу, а також його обробку в режимі тимчасової затримки й накопичення.

Формувачі відеосигналів (ФВС) на ПЗЗ мають наступні особливості: малу інерційність, низький рівень шумів; висока лінійність фото-електричного перетворення; малий розмір і вага пристрою; низька живляча напруга і мала споживча потужність; висока стійкість до механічних, акустичних і електромагнітних впливів; висока надійність і довговічність; широкі функціональні можливості.

Будемо вважати, що інтерполююча функція ідеально відновлює зображення і має частотний спектр  $T_i(\omega_x, \omega_y)$ . Тоді оптична передаточна функція (ОПФ) оптичного приймача на ПЗЗ з урахуванням інтерполяції буде розраховуватися за формулою:

$$T_{ПЗЗ}(\omega_x, \omega_y) = D_T(\omega_x, \omega_y) P_{ПЗЗ}(\omega_x, \omega_y) T_i(\omega_x, \omega_y), \quad (1)$$

де

$$D_T(\omega_x, \omega_y) = \frac{\sin\left[\omega_x\left(J_1 + \frac{1}{2}\right)p_x\right] \sin\left[\omega_y\left(J_2 + \frac{1}{2}\right)\frac{V_{КА}f}{H}t_n\right]}{\sin\left(\omega_x \frac{p_x}{2}\right) \sin\left(\omega_y \frac{V_{КА}f}{H} \frac{t_n}{2}\right)} \quad (2)$$

- перетворення Фур'є кінцевої решітки дискретизуючих імпульсів,  $V_{КА}$ ,  $H$  - швидкість і висота польоту КА,  $f$  - фокусна відстань,  $t_n$  - час експозиції.

$$P_{ПЗЗ}(\omega_x, \omega_y) = P_{geom}(\omega_x, \omega_y) P_{nep}(\omega_x, \omega_y) \quad (3)$$

Для прямокутних фоточутливих елементів довжиною  $l$  оптичного приймача на ПЗЗ, розташованих із кроком  $P_{x,y}$ , ОПФ геометрії визначається перетворенням Фур'є базової чарунки:

$$P_{geom}(\omega_x, \omega_y) = \frac{\sin\left(\pi \frac{\omega_x l_x}{\omega_{x \max} P_x}\right) \sin\left(\pi \frac{\omega_y l_y}{\omega_{y \max} P_y}\right)}{\pi \frac{\omega_x l_x}{\omega_{x \max} P_x} \pi \frac{\omega_y l_y}{\omega_{y \max} P_y}} \quad (4)$$

Погіршення ОПФ, викликане неефективністю переносу  $\varepsilon$ , визначається співвідношенням

$$P_{nep}(\omega_x, \omega_y) = \exp\left\{-n_x \varepsilon \left[1 - \cos\left(2\pi \frac{\omega_x}{\omega_{x \max}}\right)\right]\right\} \times \\ \times \exp\left\{-n_y \varepsilon \left[1 - \cos\left(2\pi \frac{\omega_y}{\omega_{y \max}}\right)\right]\right\}, \quad (5)$$

де  $n_{x,y}$  — число переносів.

Отримана ОПФ оптичного приймача дозволяє врахувати вплив ПЗЗ структури на формування результуючого зображення космічною оптико-електронною системою спостереження.