

УДК 681.6.621.375

І.М. Петрів

**ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ ЗОНИ НЕЧІТКОГО
ЗОБРАЖЕННЯ ЗНАКІВ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ
ФОТОФОРМ НА ФОТОСКЛАДАЛЬНИХ
АВТОМАТАХ**

Однією з важливих фотографічних характеристик фотоформи є величина зони нечіткого зображення знаків, які формуються методом растрового сканування. Отримання фотоформ з нечітким краєм графічних символів призводить до того, що відбиток виходить ненасиченим, тобто пропадають дрібні елементи і зменшуються в розмірах растрові точки на формній пластині. Тому-то визначення величини зони нечіткого зображення знаків має важливе значення для проведення світлоенергетичного розрахунку лазерно-скануючих пристроїв (ЛСП) фотоскладальних автоматів (ФА) з метою отримання якісних фотоформ.

Сучасні ФА, які забезпечують максимально можливу якість фотоформ, будуються за барабанним принципом із внутрішнім записом на фотоплівку. Причому сканування здійснюється обертовою призмою, яка розгортає лазерний промінь по колу циліндра з одночасним повільним її переміщенням уздовж твірної циліндра або осьовим переміщенням самого циліндра. Вмикання і вимикання плямки лазерного променя під час його переміщення викликає розмитість зображення краю знаків уздовж напрямку сканування, а в результаті утворення нечітких границь зображення знаків. Величина зони нечіткості границь ΔX відповідно до технічних вимог до якості текстових фотоформ вимірюється в інтервалі оптичних щільностей від 0,3 до 1,2 (рис. 1) і згідно з технологічними інструкціями [2] не повинна перевищувати 0,05 мм.

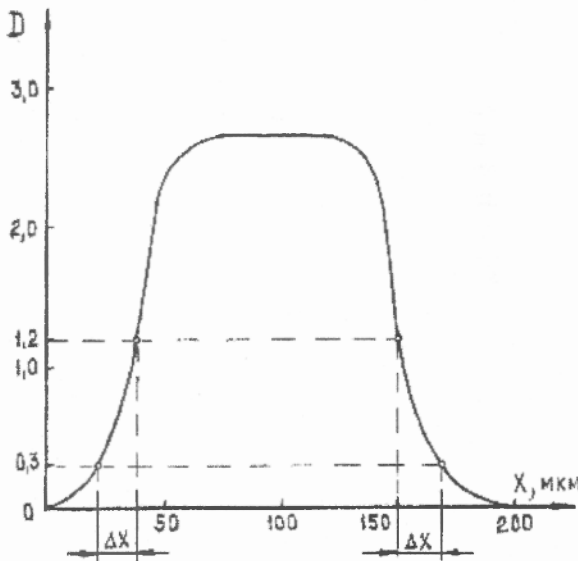


Рис. 1. Графік розподілу оптичної щільності в з'єднувальному штриху знака

Величина зони нечіткого зображення може бути визначена за формулою

$$\Delta X = \frac{\Pi_n D_{\text{ц}}}{60} t_n, \quad (1)$$

де n — частота обертання призми або дзеркала; D_n — внутрішній діаметр циліндра; t_n — час утворення зони нечіткого зображення, який дорівнює

$$t_n = t_{1,2} - t_{0,3}, \quad (2)$$

де $t_{1,2}$ і $t_{0,3}$ — моменти часу, коли досягається оптична щільність, яка дорівнює, відповідно, $D_2 = 1, 2$ і $D_1 = 0, 3$.

Значення t_n знаходиться, виходячи з параметрів конкретного фотоматеріалу, тобто характеристичної кривої $D = f(\lg H)$, а також з врахуванням освітленості $E(t)$, що створює лазерне випромінювання, шляхом розв'язання відносно $t_{1,2}$ і t_n системи рівнянь:

$$\begin{cases} \int_{t_0}^{t_0+t_{1,2}} E(t) dt = H_2 \\ \int_{t_0+t_n}^{t_0+t_{1,2}} E(t) dt = H_1, \end{cases} \quad (3)$$

де H_1 і H_2 — експозиції, при яких отримуємо оптичні щільності $D_1 = 0, 3$ і $D_2 = 1, 2$; t_0 — момент часу, що відповідає початку утворення зони нечіткого зображення; можна припустити, що $t_0 = 0$.

Освітленість може бути виражена через функцію вмикання лазерного випромінювання $k(t)$ залежністю

$$E(t) = E_{\max} k(t). \quad (4)$$

Функція вмикання, яка характеризує фронти імпульсів експонуючого випромінювання модулятором, має вигляд [1]

$$k(t) = 1 - e^{-\frac{t}{\tau}}, \quad (5)$$

де τ — постійна часу ланцюга формування імпульсу вмикання.

Тоді з врахуванням (4) і (5) освітленість

$$E(t) = E_{\max} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right), \quad (6)$$

підставляючи її в (3), матимемо

$$\begin{cases} \int_0^{t_{1,2}} E_{\max} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) dt = H_2 \\ \int_{t_n}^{t_{1,2}} E_{\max} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right) dt = H_1. \end{cases} \quad (7)$$

Проінтегрувавши рівняння, отримаємо систему (7) в такому вигляді:

$$\begin{cases} E_{\max} \left[t_{1,2} + \tau \left(e^{-\frac{t_{1,2}}{\tau}} - 1 \right) \right] = H_2 \\ E_{\max} \left[t_{1,2} - t_n + \tau \left(e^{-\frac{t_{1,2}}{\tau}} - e^{-\frac{t_n}{\tau}} \right) \right] = H_1. \end{cases} \quad (8)$$

Із системи рівнянь (8) знаходимо величини $t_{1,2}$ і t_n . Ці величини в рівняннях виражені неявно і тому для визначення їх застосовуємо спосіб дотичних, при якому

$$t_i = t_{i-1} - \frac{f(t_{i-1})}{f'(t_{i-1})}, \quad (9)$$

де для значень $t_{1,2}$ і t_n функції $f(t_{1,2,i-1})$ і $f(t_{n,i-1})$ будуть

$$f(t_{1,2,i-1}) = E_{\max} \left[t_{1,2,i-1} + \tau \left(e^{-\frac{t_{1,2,i-1}}{\tau}} - 1 \right) \right] - H_2, \quad (10)$$

$$f(t_{n,i-1}) = E_{\max} \left[t_{1,2,i-1} - t_{n,i-1} + \tau \left(e^{-\frac{t_{1,2,i-1}}{\tau}} - e^{-\frac{t_{n,i-1}}{\tau}} \right) \right] - H_1, \quad (11)$$

а їх похідні, відповідно,

$$f'(t_{1,2,i-1}) = E_{\max} \left(1 - e^{-\frac{t_{1,2,i-1}}{\tau}} \right), \quad (12)$$

$$f'(t_{n,i-1}) = E_{\max} \left(e^{-\frac{t_{n,i-1}}{\tau}} - 1 \right). \quad (13)$$

Отже, згідно із залежностями (9) і виразами (10) — (13) момент часу, коли досягається оптична щільність $D = 1, 2$, визначається за формулою

$$t_{1,2,i} = t_{1,2,i-1} - \frac{E_{\max} \left[t_{1,2,i-1} + \tau \left(e^{-\frac{t_{1,2,i-1}}{\tau}} - 1 \right) \right] - H_2}{E_{\max} \left(1 - e^{-\frac{t_{1,2,i-1}}{\tau}} \right)}, \quad (14)$$

а час утворення зони нечіткого зображення

$$t_{n,i} = t_{n,i-1} - \frac{E_{\max} \left[t_{1,2,i-1} - t_{n,i-1} + \tau \left(e^{-\frac{t_{1,2,i-1}}{\tau}} - e^{-\frac{t_{n,i-1}}{\tau}} \right) \right] - H_1}{E_{\max} \left(e^{-\frac{t_{n,i-1}}{\tau}} - 1 \right)}. \quad (15)$$

Величина максимальної освітленості, яка входить у залежності (14) і (15),

$$E_{\max} = \frac{4P\tau_{\text{opt}} \kappa(\lambda)}{A\pi d^2}, \quad (16)$$

де P — потужність лазера, необхідна для запису зображення максимальної оптичної щільності; τ_{opt} — коефіцієнт пропускання світлових променів оптичною системою; $\kappa(\lambda)$ — коефіцієнт спектральної чутливості; d — діаметр світлової плямки; A — механічний еквівалент світла, який виражає перехід із світлотехнічних в енергетичні одиниці, а величини експозицій, при котрих отримуємо оптичні щільності $D_1 = 0,3$ і $D_2 = 1,2$, відповідно дорівнюватимуть

$$H_1 = \frac{10^{\left[1 + \frac{D_1 - (D_0 + 0,2)}{\gamma}\right]}}{S_{0,2}}, \quad (17)$$

$$H_2 = \frac{10^{\left[1 + \frac{D_2 - (D_0 + 0,2)}{\gamma}\right]}}{S_{0,2}}, \quad (18)$$

де D_0 — оптична щільність фотографічної вуалі; γ — коефіцієнт контрастності фотоплівки; $S_{0,2}$ — світлочутливість фотоплівки, критерієм якої відповідно до ГОСТ 10691.0-84 є значення оптичної щільності, що перевищує оптичну щільність вуалі на 0,2.

Підставивши значення (14), (16), (17) і (18) у залежність (15), а потім її в рівняння (1), отримаємо величину зони нечіткого зображення знаків, яка залежить від характеристики фотоматеріалу і параметрів лазерно-оптичної системи ФА. Задавшись величиною ΔX , можна визначити параметри ЛСП.

За результатами аналітичних досліджень побудовано графічні залежності (рис. 2) величини зони нечіткого зображення знаків від освітленості (потужності лазера). Дослідження проводились для фотоплівок типів ФТ-111, ФТ-112 і ФТ-ФНТ, для двох значень $\tau = 5 \times 10^{-7}$ с і 5×10^{-8} с, при незмінних параметрах $n_{\text{ш}} = 3000$ об/хв, $D_{\text{ш}} = 0,153$ м, $\tau_{\text{опт}} = 0,06$, $\kappa(\lambda) = 0,30$, $d = 20$ мкм.

Як видно з рис. 2, у ФА слід застосовувати джерела випромінювання, що мають потужність, достатню для створення освітленості, при якій величина ΔX є найменшою, тобто $P > 1 \times 10^{-3}$ Вт. Наприклад, у світлодіодних ФА при використанні низькопотужного джерела випромінювання (світлодіодів) величина ΔX становить приблизно 40 мкм і більше, тому зображення краю знаків дещо розмитіше, ніж у лазерних ФА.

Для зменшення розмитості зображення краю знаків потрібно застосовувати в ЛСП такі модулятори, в яких час перемикання їх з одного стану в інший становив би 10^{-8} с і менше. Тобто проводити експонування короткими імпульсами, при якому скануюча плямка вмикається на настільки короткий час, що не встигає пройти значний шлях.

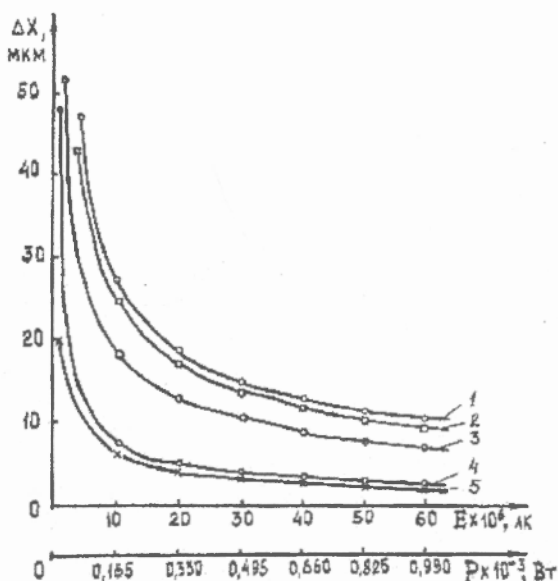


Рис.2. Залежність величини зони нечіткого зображення від освітленості (потужності випромінювання):

- 1 – ФТ-112 ($S_{0,2} = 3,5; \gamma = 5$), $\tau = 5 \times 10^{-7}$ с;
- 2 – ФТ-111 ($S_{0,2} = 1,8; \gamma = 10$), $\tau = 5 \times 10^{-7}$ с;
- 3 – ФТ-112 ($S_{0,2} = 3,5; \gamma = 9$), $\tau = 5 \times 10^{-7}$ с;
- 4 – ФТ-112 ($S_{0,2} = 3,5; \gamma = 9$), $\tau = 5 \times 10^{-8}$ с;
- 5 – ФТ-ФНП ($S_{0,2} = 60; \gamma = 5$), $\tau = 5 \times 10^{-7}$ с.

Слід відзначити також, що величину ΔX можна зменшити шляхом збільшення коефіцієнта контрастності світлочутливого шару і застосування світлочутливих фотоплівок. Це підтверджують дослідження. Так, для фотоплівки ФТ-112, яка має коефіцієнт контрастності $\gamma = 9$ і при $E = 10^7$ лк, величина $\Delta X \approx 20$ мкм, а для $\gamma = 5$ вона збільшиться приблизно на 10 мкм (рис. 2). Отже, у ФА для лазерного запису потрібно застосовувати фотоплівки, які мають високу контрастність і світлочутливість, а також спектральна чутливість яких відповідає довжині хвилі випромінювання.

1. Глазков И.М., Райхман Я.А. Генераторы изображений в производстве интегральных микросхем. Мн., 1981.
2. Наборные и фотонаборные процессы: Технологические инструкции. М., 1983.

Стаття надійшла до редколегії 30.01.98