

УДК 681.6:621.375

І.М. Петрів

### ВПЛИВ РОЗФОКУСУВАННЯ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ НА ЯКІСТЬ ЗАПISУ ЗОБРАЖЕНЬ У ЛАЗЕРНИХ ФОРМНИХ ПРИСТРОЯХ

У лазерних формних пристроях і фотонасвітлюючих автоматах однією із складових частин, від якої певною мірою залежить якість запису зображення, є оптична система. Вона здійснює фокусування лазерного променя в плямку мінімальних розмірів у площині фотоматеріалу (система „Computer-to-Film”) або в площині формного матеріалу (система „Computer-to-Plate”). При проходженні через оптичну систему (лінзу III') хвильовий фронт пучка лазера – сферичний і характеризується кривизною радіусами  $R$ ,  $R'$  і гіперболічним характером зміни поперечного розміру пучка вздовж осі розповсюдження  $Z$  (рис.1). Лазерний пучок має мінімальний розмір у площині перетяжки. В міру віддалення від площини перетяжки розмір пучка симетрично збільшується за законом гіперболи [1]. Задача фокусування полягає в отриманні за оптичною системою перетяжки мінімального діаметра  $2r'_0$ , в якій концентрується максимальна потужність лазерного випромінювання. Тому для одержання високоякісного запису потрібно, щоб діаметр сфокусованого лазерного променя, що визначає роздільну здатність відтворюваних зображень, був якомога меншим і становив 7,5 – 20 мкм [3].

Зміна діаметра сфокусованого лазерного променя відносно площини перетяжки і, відповідно, концентрації випромінювання веде до зміни розмірів плямок  $2r'_1$  і оптичної щільності на фотоматеріалі. При цьому діаметр променя виявляється більшим, ніж потрібно для виводу зображення із заданою роздільною здатністю, що призводить до погіршення якості запису зображення у лазерних формних пристроях.



розфокусування призводить не тільки до погіршення якості (різкості) зображення, але й до зміни розмірів елементів цього зображення.

Розфокусування оптичної системи може виникнути через нещільне прилягання формного матеріалу до поверхні циліндра і неплосинність їхніх поверхонь, через застосування формних матеріалів різної товщини і їх різнотовщинність, через неточну установку оптичної головки механізму рядкової розгортки відносно формного циліндра, а також під впливом аберацій оптичної системи. У колімаційній оптичній системі розфокусування може бути викликане й змінами відстані між оптичними компонентами, фокусних відстаней компонентів і відстані оптичної системи відносно лазера. Усі ці відхилення (похибки) положення формного

матеріалу на циліндрі  $\sum_{i=1}^n \Delta_i$ , що виникають внаслідок перерахо-

ваних причин розфокусування (або деяких з них), спричиняють перевищення цього положення від допустимої величини зони розфокусування рівної  $[h] = 2[\Delta d']$ . Це, в свою чергу, призводить до збільшення розмірів плямок відносно площини перетяжки (програмованого значення  $2r'_0$ ) і погіршення якості запису зображення. Для отримання якісного запису необхідне виконання

умови  $[h] \geq \sum_{i=1}^n \Delta_i$ .

Допустима величина зони розфокусування оптичної системи визначається із залежності розміру перерізу лазерного пучка від поздовжньої координати  $Z$ , що відраховується від площини перетяжки до оптичної поверхні. Вона має вигляд [1]

$$2r_z = 2r_0 \sqrt{1 + \left(\frac{2z}{R_c}\right)^2}, \quad (2)$$

де  $2r_0 = \lambda \cdot \sqrt{\frac{\lambda R_c}{2\pi}}$  – мінімальний діаметр пучка лазера основної моди в площині перетяжки, який збігається з його серединою

$(Z = 0)$ ;  $R_c = \frac{2\lambda}{\pi\theta^2}$  – конфокальний параметр резонатора лазера

або вихідного пучка;  $\lambda$  – довжина хвилі лазерного випромінювання;  $\theta$  – плоский кут розходження лазерного пучка, що характеризує його збільшення в міру віддалення від площини перетяжки.

Якщо вважати, що  $Z = \Delta d'_i$  і відносне розширення фокальної плямки дорівнює  $\varepsilon_i = \frac{2r'_i}{2r'_0}$ , то згідно із залежністю (2)

величина розфокусування відносно площини перетяжки за оптичною системою становитиме

$$\Delta d'_i = \frac{R'_c}{2\sqrt{\varepsilon_i^2 - 1}}, \quad (3)$$

де  $R'_c$  – конфокальний параметр перетвореного лінзою пучка лазера.

Конфокальний параметр і положення площини перетяжки за фокусуємим компонентом визначаються формулами [1]

$$R'_c = \frac{R_c}{\left(\frac{1+d}{f'}\right)^2 + \left(\frac{R_c}{2f'}\right)^2}; \quad (4)$$

$$d' = f' - \frac{f' + d}{\left(\frac{1+d}{f'}\right)^2 + \left(\frac{R_c}{2f'}\right)^2}, \quad (5)$$

де  $d$  – відстань між площиною перетяжки і головною площиною лінзи до перетворення пучка лазера;  $f'$  – фокусна відстань лінзи.

Підставивши (4) у (3), отримаємо залежність величини розфокусування відносно площини перетяжки

$$\Delta d'_i = \frac{R_e \sqrt{\varepsilon_i^2 - 1}}{2 \left[ \left( \frac{1+d}{f'} \right)^2 + \left( \frac{R_e}{2f'} \right)^2 \right]}, \quad (6)$$

і звідси допустима зона розфокусування

$$[h] = \frac{R_e \sqrt{\varepsilon_D^2 - 1}}{\left( \frac{1+d}{f'} \right)^2 + \left( \frac{R_e}{2f'} \right)^2}, \quad (7)$$

де  $\varepsilon_D$  – допустима величина відносного розширення фокальної плямки, що залежить від вимог до якості виготовлення поліграфічної продукції. Для одержання високоякісної ілюстраційної продукції вона не повинна перевищувати 5%, а в інших випадках знаходиться в межах до 10%.

З виразу (7) випливає, що збільшення  $\varepsilon_D$  викликає розширення допустимої зони розфокусування і, відповідно, зниження вимог щодо точності підтримання відстані від фокууючого компонента до поверхні формного матеріалу. Значне перевищення допустимої величини  $\varepsilon_D$  спричиняє збільшення розмірів плямок і їх перекривання при лазерному записі та погіршення різкості зображення. Допускається перекриття рядків на 5 – 10% [2].

Аналітичні дослідження, виконані для лазерів двох типів – гелій-неонового (*He-Ne*) з параметрами  $\lambda = 0,6328$  мкм,  $2\theta = 2,108 \times 10^{-3}$  рад і гелій-кадмієвого (*He-Cd*) з  $\lambda = 0,4416$  мкм,  $2\theta = 8,73 \times 10^{-4}$  рад – показують (рис.2), що на зростання величини зони розфокусування суттєво впливають збільшення фокусної відстані об'єктива  $f'$  і в меншій мірі конфокальний параметр вихідного пучка лазера  $R_e$ . Так, збільшення  $f'$  у 2 і  $R_e$  у 4 рази розширює зону розфокусування, відповідно, у 5 і 2 рази. Але збільшення  $f'$  призводить до розширення сфокусованої плямки, що знижує роздільну здатність лазерного формного пристрою та погіршує якість запису зображення. Збільшення відстані  $d$  у

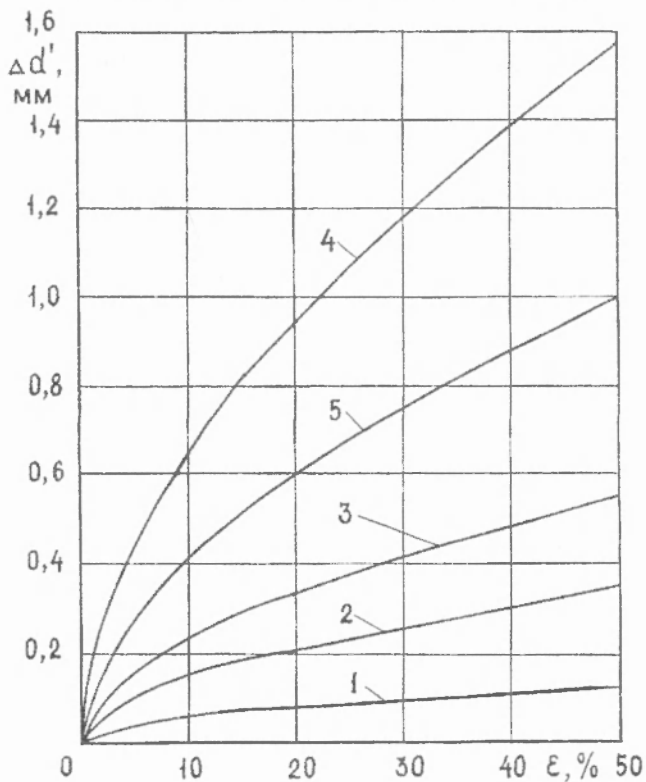


Рис. 2. Залежність розфокусування оптичної системи від відносного розширення фокальних плямок – для He-Ne лазера : 1 –  $f' = 15$  мм,  $d = 580$  мм; 2 –  $f' = 15$  мм,  $d = 300$  мм; 3 –  $f' = 33,47$  мм,  $d = 580$  мм; 4 –  $f' = 33,47$  мм,  $d = 300$  мм; для He-Cd лазера : 5 –  $f' = 33,47$  мм,  $d = 580$  мм

2 рази зумовлює зменшення величини зони розфокусування приблизно в 3 рази. Це вимагає точного підтримання відстані  $d'$  в межах допустимої зони розфокусування, яка, наприклад, для відносного розширення фокальної плямки  $\epsilon$  на 5% при  $f' = 15$  мм

$d = 580$  мм повинна становити 0,068 мм, а цри 10% -- 0,1 мм. При таких параметрах здійснити точне фокусування оптичної системи можна шляхом переміщення об'єктива відносно формного циліндра.

1. Климков Ю.М. Прикладная лазерная оптика. М., 1985. 2. Мельник С.О. Техника передачи газет по наземным и спутниковым каналам связи. М., 1987. 3. Синяк М. Анализ геометрической точности воспроизведения изображения фотонаборными автоматами // Полиграфия. 1997. №6. С. 24–26.

Стаття надійшла до редколегії 28.01.2000