

## МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕННЯ

*Основне завдання оцінки стану виробничих процесів – отримання об'єктивної інформації про функціонування устаткування і виявлення резервів технології для інтенсифікації виробництва, підвищення його ефективності та якості, збільшення обсягів випуску продукції, зростання продуктивності праці, зниження усіх видів матеріальних і трудових витрат. Якість – це сукупність характеристик об'єкту, що стосуються його здатності задовольняти встановлені і передбачувані потреби. В статті розглядаються такий критерій оцінювання якості зображення як роздільна здатність, тобто здатність окремо спостерігати зображення двох дуже близько розташованих об'єктів.*

*The main objective assessment of the production process - obtaining objective information on the functioning of equipment and technology for the identification of reserves intensification of production, increase its efficiency and quality, increase production, increase productivity, reduce all kinds of material and labor costs. Quality - a set of characteristics of the object concerning its ability to meet established and anticipated needs. The article deals with the evaluation criteria such as quality image resolution, ie the ability to separately observe the image of two very close objects.*

### 1. ВСТУП

Основне завдання оцінки стану виробничих процесів – отримання об'єктивної інформації про функціонування устаткування і виявлення резервів технології для інтенсифікації виробництва, підвищення його ефективності та якості, збільшення обсягів випуску продукції, зростання продуктивності праці, зниження усіх видів матеріальних і трудових витрат. Якість – це сукупність характеристик об'єкту, що стосуються його здатності задовольняти встановлені і передбачувані потреби. Під якістю технологічних процесів розуміють сукупність властивостей технологічного процесу, визначальну її придатність для заданого технологічного процесу. Кількість чинників, що впливають на показники якості, досить велика і вимагає глибокого вивчення. Найбільш поширеним критерієм оцінювання якості зображення оптичної системи є роздільна здатність, тобто здатність окремо спостерігати зображення двох дуже близько розташованих об'єктів [1].

<sup>1</sup>Українська академія друкарства

## 2. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ОПТИЧНИХ СИСТЕМ

Припустимо, що система буде точкове зображення і з неї виходить гомоцентричний пучок з центром в точці  $A'$ , що заповнює невеликий апертурний кут  $2\sigma'$ .

Внаслідок дифракції навіть ідеальна система зображує точку у вигляді плями розсіяння кінцевих розмірів, а розподіл освітленості навколо точки  $A'$  в площині зображення є результатом інтерференції.

Освітленість зображення  $E'$  в точці  $B'$ , розташованій зовні осі на відстані  $r'$  від точки  $A'$ , буде відмінною від освітленості  $E'_0$  в точці  $A'$ .

Співвідношення  $E'/E'_0$  називається відносною освітленістю в цій точці,

$$\frac{E'}{E'_0} = 4 \left[ \frac{J_1(x_1)}{x_1} \right]^2 \quad \text{або} \quad E' = 4E'_0 \left[ \frac{J_1(x_1)}{x_1} \right]^2 \quad (1)$$

де  $x_1 \approx 2\pi n' \sigma' r' / \lambda$ ,  $J_1$  – функція Бесселя першого порядку.

Ця залежність представлена на рис. 1 графіком розподілу освітленості в дифракційному зображенні точки, яка світиться.

Центральний максимум відповідає світлій плямі, де зосереджено близько 84% енергії, а периферійні максимуми – світлим кільцям.

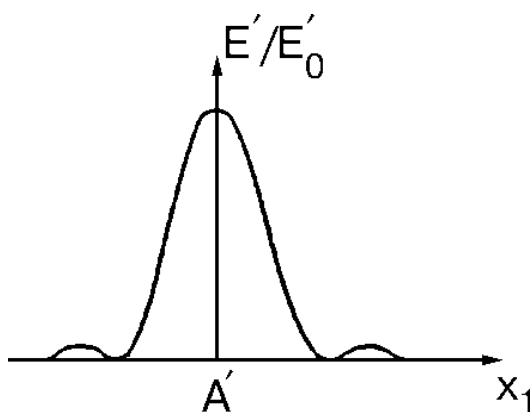


Рис.1. Графік розподілу освітленості в дифракційному зображенні

Радіус центральної плями дифракційного зображення точки, яка світиться, для круглого отвору:

$$r' = \frac{\lambda x_1}{(2\pi n' \sin \sigma')} \approx \frac{\lambda x_1}{(2\pi n' \sigma')}, \quad (2)$$

де  $x_1$  – відстань від центру дифракційної плями в безрозмірних одиницях;  $\lambda$  – довжина хвилі.

Кут в просторі предметів, що відповідає центральній частині дифракційної плями в просторі зображення, визначається виразом:

$$\psi = \frac{\lambda x_1}{\pi D}. \quad (3)$$

де:  $D$  – діаметр вхідної зіниці, мм.

Якщо дві точки, що світяться, розташовані близько одна до одної, то їх дифракційні зображення можуть накладатися одне на інше, а освітленості в місцях накладення – підсумовуватися. Для роздільності двох точок необхідно, щоб різниця між максимальною і мінімальною освітленістю в сумарній дифракційній картині досягала деякого значення (рис. 2). Прийнято, що при відношенні  $E'/E_0' \leq 0,8$  система розрізняє обидві точки [0].

Підставивши в (3) значення радіусу першого темного кільця  $x_1 = 3,8317$ , отримаємо:

$$\psi = 1,22\lambda/D, \quad (4)$$

де  $D$  – діаметр вхідної зіниці, мм.

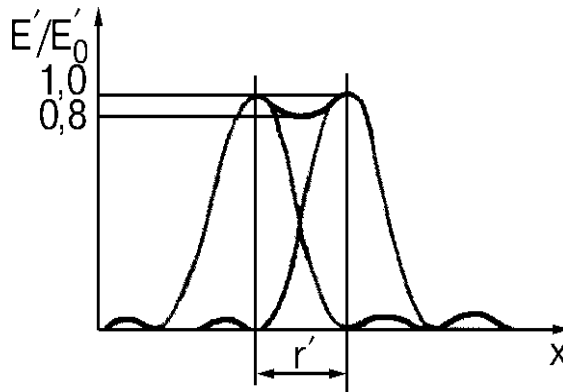


Рис. 2. Розподіл освітленості в дифракційному зображенні двох точок, які світяться

### 3. ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕННЯ

Роздільна здатність об'єктивів телескопічних систем виражається в кутовій мірі, для фотооб'єктивів – в лініях (штрихах) на 1 мм, а для об'єктивів мікроскопів – в лінійній мірі (у мікрометрах). Проте при значній залишковій аберації роздільна здатність систем не є визначальною характеристикою якості зображення.

Оптичні системи з однаковою роздільною здатністю, але різною залишковою аберацією не забезпечують одну і ту ж якість зображення. Реальна система буде зображення, що не відрізняється від ідеального, якщо залишкова хвильова аберація не перевищує чверті довжини хвилі

$N \leq \lambda/4$ . Проте цей критерій не враховує передавання системою контрасту. З урахуванням контрасту оцінка якості зображення може бути виконана на основі критерію Штреля. Для цього необхідно визначити створювану реальною системою освітленість  $E'$  в центрі кола

розсіювання і порівняти її з освітленістю  $E'_0$  ідеальної системи. Відношення освітленостей  $E'/E'_0$  називають визначальною яскравістю або числом Штреля. Якість зображення значно погіршується, якщо

хвильова аберація перевищує межу Релея ( $N \leq \lambda/4$ ) або, що майже одне і те ж, коли аберація має значення, для яких число Штреля стає менше 0,8. Критеріями Релея і Штреля визначаються межі значень хвильової аберації, при якій зображення буде досконалим.

При проектуванні нових оптичних систем, особливо фотографічних, потрібне повноцінне дослідження їх якості і отримання відповідного

критерію якості зображення. Таким є метод функції передачі модуляції (ФПМ).

Точка, що світиться, зображається оптичною системою у вигляді плями кінцевих розмірів. Ступінь невідповідності розподілу освітленості в зображенні розподілу яскравості предмета може бути мірою якості зображення системи. У методі ФПМ в якості тест-об'єкту (предмета) застосовується косинусоїдальна міра.

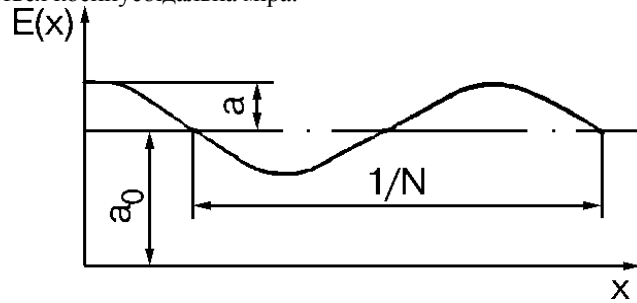


Рис. 3. Розподіл освітленості косинусоїдально

Розподіл світлової енергії, графічно представлений на рис.3, описується виразом:

$$E(x) = a_0 + a \cos(2\pi N x), \quad (5)$$

де  $a_0$  – рівень середньої лінії;  $a$  – амплітуда зміни освітленості;  $N$  – число періодів косинусоїдальної міри в одиниці довжини.

Косинусоїдальна міра зображається системою також у вигляді косинусоїди, але розподіл енергії в зображенні відрізнятиметься за амплітудою і фазою. Контраст міри визначається формулою:

$$k = \frac{(E_{\max} - E_{\min})}{(E_{\max} + E_{\min})}, \quad (6)$$

де  $E_{\max}$  і  $E_{\min}$  – максимальна і мінімальна освітленості (чи яскравості) предмету.

Контраст зображення міри:

$$k' = \frac{(E'_{\max} - E'_{\min})}{(E'_{\max} + E'_{\min})} = k |F(N)|. \quad (7)$$

Модуль функції  $|F(N)|$  характеризує відношення контрасту зображення міри до контрасту самої міри. Цю величину, залежну від просторової частоти  $N$ , називають коефіцієнтом передачі модуляції (КПМ) оптичної системи. Сукупність значень КПМ для різних

просторових частот складає функцію передачі модуляції (ФПМ) системи. Функцію  $F(N)$  називають комплексною функцією передачі модуляції або оптичною передавальною функцією (ОПФ). Функція, що характеризує зміщення фази в зображенні косинусоїдальної міри, називається функцією передачі фази (ФПФ) [0].

### 3. ВИСНОВКИ

Основна перевага методу ФПМ полягає в тому, що він дозволяє порівняно просто враховувати якість складних систем, наприклад, фотографічних систем з електронно-оптичними перетворювачами (ЕОП) з декількох компонентів. При цьому ФПМ усієї системи дорівнюватиме добутку ФПМ складових її ланок:

$$F(N) = F_1(N) F_2(N) F_3(N) \dots K \quad (8)$$

Сумісне використання критеріїв Релея і Штреля дозволяє визначити межі значень хвилевої аберації, при якій зображення може вважатися досконалим.

1. *Архітектура, формат профілю та структура даних. Частина 1. На основі ІСС.1:2004-10 // ISO 15076-1:2010. Регулювання кольору в технології зображень. – 2010.* 2. Самарин Ю.Н. *Конструирование и расчет формного оборудования.* / Москва Издательство МГУТ 2002. 3. Кузнецов Ю.В. *Half-toning methods: Background of classification, printability, print quality* / Ю.В. Кузнецов, А.А. Щаденко // сб. «Printing technology SPb-06». СПб.: 2006. – С. 194-198. 4. Кузнецов Ю.В., Щаденко А.А. *Способ адаптивного растрирования полутоновых оригиналов и устройство для его осуществления* / Кузнецов Ю.В., Щаденко А.А. 2006. 5. Самарин Ю.Н. *О лазерных аспектах технологии CtP* // КомпьюАрт, № 1, 2011. 6. Самарин Ю.Н., Сапошников Н.П., Синяк М.А. *Допечатное оборудование* // Москва Издательство МГУТ 2000.