УДК 681.784

І.Г.Чиж

ВИЗНАЧЕННЯ ВЕЛИЧИНИ АМЕТРОПІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ФУНКЦІЇ ХВИЛЬОВОЇ АБЕРАЦІЇ ОПТИЧНОЇ СИСТЕМИ ОКА

Вступ

Ефективне виправлення далекозорості чи короткозорості ока потребує точного визначення величини аметропії A_R. Ця вимога є особливо важливою при корекції аметропії хірургічними лазерними методами [1].

Для забезпечення точного вимірювання A_R, а також інших важливих абераційних параметрів і характеристик ОС ока, створюються нові об'єктивні абераційні рефрактометри – рефрактометри з просторовим розділенням на зіниці [2]. Такі рефрактометри відтворюють універсальну абераційну характеристику ОС ока – функцію хвильової аберації, за допомогою якої потім визначаються всі інші параметри і характеристики, в тому числі і параметр A_R.

Відомо, що для розрахунків A_R використовують коефіцієнт W_{20} степеневої чи коефіцієнт C_{20} церніковської апроксимації функції хвильової аберації [3, 4]. В багатьох випадках такий підхід є некоректним із таких причин. По-перше, вказані коефіцієнти характеризують тільки аберацію дефокусування гауссової площини зображення відносно сітківки. По-друге, ігнорується властивість ока рефлекторно здійснювати акомодацію із забезпеченням найбільш чіткого зображення на сітківці. До того ж не враховується той факт, що при наявності осьових аберацій положення уздовж візуальної осі найбільш чіткого зображення залежить від діаметру отвору зіниці під час спостережень.

У зв'язку з цим головною задачею даної роботи є розробка такої методики визначення величини аметропії за коефіцієнтами апроксимації функції хвильової аберації, яка б була вільною від зазначених вище недоліків. Мета – удосконалення математичного забезпечення об'єктивних рефрактометрів із просторовим розділенням, направлене на підвищення точності визначення величини аметропії.

Обгрунтування критерію визначення площини найкращого зображення, створеного оптичною системою ока, та методу оцінки величини аметропії

У відповідності з [5] аметропія A_R – це величина, обернена відстані в метрах від передньої головної точки ОС ока до подальшої точки ясного зору. Інакше, A_R – це величина, обернена відстані в метрах від передньої головної точки ОС ока до подальшої точки ясного зору. Інакше, A_R – величина, обернена відстані в метрах від передньої головної точки ОС ока до подальшої площини ростору предметів, зображення якої в зоні жовтої плями, а точніше у зоні fovea, є найчіткішим або найкращим.

Існує чимало критеріїв визначення площини найбільш чіткого зображення, які засновані на використанні різних параметрів або характеристик якості зображень, таких як:

- ✓ розмір абераційної плями в площині зображення;
- ✓ роздільна здатність ОС;
- ✓ середньо-квадратичне відхилення хвильового фронту від сфери порівняння;
- ✓ число Штреля;
- ✓ гранична просторова частота, яка є в просторовому спектрі зображення лінії або точки;
- ✓ контраст зображення амплітудної синусоїдальної гратки з визначеною просторовою частотою;
- ✓ частотно-контрастна характеристика, або модуляційна передавальна функція (МПФ) ОС ока тощо.

Якщо для визначення площини найкращого зображення використовувати критерій мінімального поперечного розміру абераційної плями в цій площині, то в такому разі не враховується характер розподілу просторової щільності світлового потоку у зоні абераційної плями, від якого істотно залежить контраст зображень середньо- та дрібно структурних елементів простору предметів.

Застосування роздільної здатності ОС ока потребує наявності інформації про пороговий контраст зображення на сітківці, який, як правило, є невідомим, що вимагає здійснення його оцінки у кожної людини.

Критерії мінімуму середньо-квадратичного відхилення хвильового фронту від сфери порівняння, центр якої знаходиться у площині найкращого зображення або максимуму величини Штреля, дають задовільний результат, якщо якість зображення на сітківці наближена до ідеальної, дифракційної, чого насправді не буває. Тому їх використання не може вважатися доцільним.

Три останні характеристики потребують визначення МПФ оптичної системи ока, яка може обчислюватися за допомогою функції хвильової аберації відомими методами.

Аналіз величини граничної просторової частоти $\omega_{гр}$, наявної в просторовому спектрі зображення ліній чи точки, показує, що вона залежить не стільки від характеру розподілу світла в абераційній плямі, оскільки від задньої числової апертури ОС ока, яка визначається діаметром зіниці ока при спостереженнях (рис. 1). Тому цей параметр є малочутливим до зміни аберацій ОС ока, і отже, є малопридатний для визначення площини найкращого зображення.

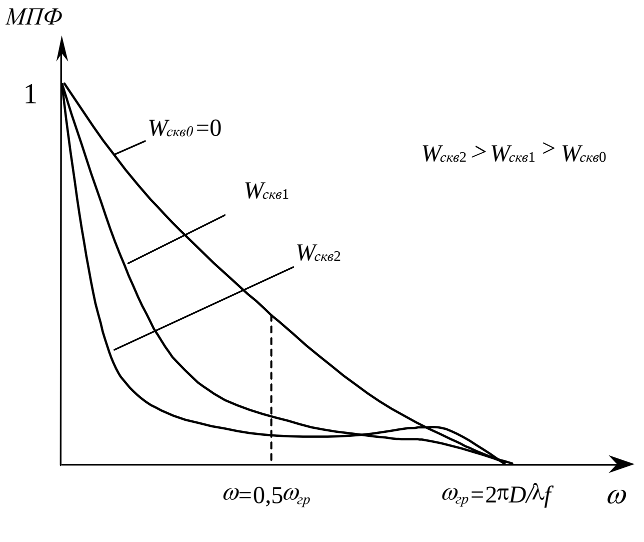

Рис. 1. Графіки МПФ ОС ока.

Відомо, що аберації мають найбільший вплив на значення МПФ на так званих середньо-просторових частотах $\cong 0{,}5\,\omega_{гр}$ (див. рис. 1). На рис. 1 позначено: $W_{СКВ}$ – середньо-квадратичне відхилення хвильового фронту від сфери порівняння; ω – циклічна просторова частота в площині сітківки; D – діаметр зіниці під час спостережень; λ – довжина хвилі; f – абсолютна величина передньої фокусної відстані ОС ока.

Знаходження площини найкращого зображення в даному випадку зводиться до пошуку такого дефокусування площини гауссового зображення відносно сітківки, при якому на частоті $\omega \cong 0{,}5\,\omega_{гр}$ МПФ має найбільшу величину.

Як показує практичний досвід проектування ОС візуальних оптичних приладів, цей метод забезпечує високу якість зображення, що суб'єктивно сприймається оком людини. Недоліком методу є порівняно великий обсяг математичних перетворень та розрахунків, які потрібні для його реалізації. У зв'язку з цим пропонується використання іншого методу, який за результатами практично ідентичний попередньому, але потребує меншої кількості розрахунків.

Відомо, що у діапазоні $\omega = 0 \ldots 0{,}5\,\omega_{гр}$ МПФ можна обчислювати за допомогою формули [6]:

$$МПФ(\omega) \cong 1 - 0{,}25\,\overline{\rho}^2 \omega^2 , \qquad (1)$$

де

$$\overline{\rho}^2 = \frac{1}{(n' \sin\sigma'_a)^2} \frac{\int\limits_{\varphi=0}^{\varphi=2\pi} \int\limits_{\rho=0}^{\rho=1} \tau^2(\rho) \left[\left(\frac{\partial W}{\partial \rho} \right)^2 + \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial W}{\partial \varphi} \right)^2 \right] \rho \, d\rho \, d\varphi}{2\pi \int\limits_0^1 \tau^2(\rho) \rho \, d\rho} , \qquad (2)$$

$n' \sin\sigma'_a = n' \dfrac{D}{2 f'} = \dfrac{D}{2|f|}$ – числова апертура ОС ока; $W = W(\rho, \varphi, l, \theta)$ – функція хвильової аберації ОС ока, аргументи якої є канонічні зіничні полярні координати ρ, φ та канонічні предметні координати l, θ, $\rho \le 1; l \le 1$.

Параметр $\overline{\rho}^2$ є другим гауссовим моментом розподілу світлового потоку в абераційній плямі. За своєю суттю він аналогічний нормованому моменту інерції тіла, який широко застосовується в механіці.

Із виразу (1) та характеру поведінки графіків МПФ низькочастотній області (див. рис. 1) видно, що від нахилу на малих, залежать величини МПФ на середніх просторових частотах. Тому в цій області частот МПФ буде тим більшою, чим меншою є величина $\overline{\rho}^2$. Із цього випливає, що для пошуку величини аметропії ока за площиною найкращого зображення треба знайти таке положення гауссової площини (чи коефіцієнта апроксимації $W = W(\rho, \varphi, l, \theta)$ що визначає дефокусування), яке забезпечує мінімальне значення параметру $\overline{\rho}^2$. Пошук такого значення вказаного коефіцієнта надає можливість визначати параметр A_R із урахуванням дії всіх відповідних аберацій ОС ока за умови розташування на сітківці найкращого зображення простору предметів у зоні fovea, та й ще з урахуванням діаметра зіниці, при якому ведеться спостереження.

Метод визначення величини аметропії ока за критерієм мінімуму $\overline{\rho}^2$

Величина аметропії ока визначається за формулою [7]

$$A_R = -2000\, C_1\, r_m^{-2},$$

де C_1 – коефіцієнт подвійної церніковської апроксимації функції $W = W(\rho, \varphi, l, \theta)$, який враховує дію відповідних осьових аберацій ОС ока на величину дефокусування гауссової площини зображення, при чому

$$C_1 = 2CC_{20}^{00} - 2CC_{20}^{20} + 2CC_{20}^{40} - 6CC_{40}^{00} + 6CC_{40}^{20} - 6CC_{40}^{40} + 12CC_{60}^{00} - 12CC_{60}^{20} + 12CC_{60}^{40},$$

$CC_{n\,m}^{n_l m_l}$ – коефіцієнти подвійної апроксимації, n, m – параметри зіничних поліномів Церніке, n_l, m_l – аналогічні параметри поліномів Церніке, що є в коефіцієнтах апроксимації при зіничних поліномах і залежать від координат простору предметів; r_m – радіус отвору зіниці, в якому здійснюється подвійна церніковська апроксимація.

Коректність визначення величини аметропії за допомогою коефіцієнта C_1 обгрунтовується тим, що із спостережень авторів роботи [8] об'єктивна та суб'єктивна оцінки дефокусування площини зображення відносно сітківки збігаються.

Якщо у функцію апроксимації $W = W(\rho, \varphi, l, \theta)$ замість C_1 підставити $C_1 + \Delta_c$ і знайти при цьому таку величину Δ_c, яка забезпечує мінімальне значення $\overline{\rho}^2$, то це дасть змогу обчислити аметропію за іншою формулою:

$$A_R = 2000\, \Delta_c\, r_m^{-2}, \tag{3}$$

яка враховує дефокусування площини зображення за зазначеним вище критерієм.

Якщо площина гауссового зображення збігається з площиною, де $\overline{\rho}^2$ – мінімальне, то це означає, що в даному випадку $\Delta_c = -C_1$. Якщо ж $\Delta_c \neq -C_1$, то вказані площини зображень не збігаються і обчислення величини аметропії за коефіцієнтом C_1 не забезпечує використання для цього існуючої площини найкращого зображення.

Величину Δ_c можна знайти пошуком мінімуму функції $\overline{\rho}^2(\Delta_c)$ як корінь рівняння

$$\frac{\partial\, \overline{\rho}^2(\Delta_c)}{\partial\, \Delta_c} = 0 \tag{4}$$

Якщо зробити припущення що $\tau(\rho) \equiv \tau$ – константа, а також взяти до уваги, що $W = W(\Delta_c)$, то з урахуванням (2) та згідно з [9] рівняння (4) можна перетворити до вигляду

$$\frac{\partial \overline{\rho}^2(\Delta_c)}{\partial \Delta_c} = \frac{\partial}{\partial \Delta_c} \int_0^{\rho^*} \int_0^{2\pi} \left[\left(\frac{\partial W(\Delta_c)}{\partial \rho} \right)^2 + \left(\frac{1}{\rho} \frac{\partial W(\Delta_c)}{\partial \varphi} \right)^2 \right] \times \tag{5}$$

$$\times \rho\, d\rho\, d\varphi = 2 \int_0^{\rho^*} \int_0^{2\pi} \left[\frac{\partial W(\Delta_c)}{\partial \rho} \left(\frac{\partial W(\Delta_c)}{\partial \rho} \right)'_{\Delta C} + \frac{1}{\rho^2} \frac{\partial W(\Delta_c)}{\partial \varphi} \left(\frac{\partial W(\Delta_c)}{\partial \varphi} \right)'_{\Delta C} \right] = \rho\, d\rho\, d\varphi = 0$$

в якому символ $(\;)'_{\Delta_C}$ означає частинну похідну по Δ_c, $\rho^* = \frac{r}{r_m}$, $2r$ – діаметр зіниці при спостереженнях простору предметів.

Відомо, що апроксимація функції хвильової аберації за базисом ортогональних функцій (таких, як поліноми Церніке) дозволяє подати W у вигляді $W = W_0 + W_I + W_{II} + W_{III} + \ldots$ де права частина складається з хвильових аберацій відповідних степеневих порядків відносно координат ρ,φ,l,θ. Також відомо, що лише другий степеневий порядок – W_{II} дає перший степеневий порядок поперечних аберацій на сітківці, що утримує коефіцієнт C_1. Тому

$$\left(\frac{\partial W(\Delta_c)}{\partial\rho}\right)'_{\Delta_C}=\left(\frac{\partial W_{II}(\Delta_c)}{\partial\rho}\right)'_{\Delta_C},$$

$$\left(\frac{\partial W(\Delta_c)}{\partial\varphi}\right)'_{\Delta_C}=\left(\frac{\partial W_{II}(\Delta_c)}{\partial\varphi}\right)'_{\Delta_C}.$$

Якщо для апроксимації $W(\rho,\varphi,l,\theta)$ застосовувати подвійний церніковський розклад, переваги якого показано в працях [7, 10], то отримаємо вирази для похідних

$$\frac{\partial W_{II}}{\partial\rho}=l\left(A_1\cos\varphi+B_1\sin\varphi\right)+ \\ +2\rho\left(C_1+D_1\cos 2\varphi+E_1\sin 2\varphi\right); \tag{6}$$

$$\frac{\partial W_{II}}{\partial\varphi}=l\left(-A_1\sin\varphi+B_1\cos\varphi\right)+ \\ +\rho^2\left(-2D_1\sin 2\varphi+2E_1\cos 2\varphi\right), \tag{7}$$

де A_1, B_1, C_1, D_1 – множники - константи, що є лінійною комбінацією відповідних коефіцієнтів подвійної апроксимації, формули яких приведені в праці [7].

Із виразу (6) зрозуміло, що при підстановці до нього $C_1+\Delta_c$ замість C_1 маємо $\left(\frac{\partial W}{\partial\rho}\right)'_{\Delta_C}=2\rho$ і $\left(\frac{\partial W}{\partial\varphi}\right)'_{\Delta_C}\equiv 0$, тому що у виразі (7) коефіцієнт C_1, а значить, і $C_1+\Delta_c$ відсутні.

При цьому рівняння (5) набуває вигляду

$$\int_0^{\rho^*}\int_0^{2\pi}\left(2\rho\Delta_c+\frac{\partial W}{\partial\rho}\right)\rho^2\,d\rho\,d\varphi=0. \tag{8}$$

З рівняння (8) випливає формула для розрахунку Δ_c, при якому $\overline{\rho}^2$ досягає мінімуму:

$$\Delta_c=-\frac{1}{\pi\rho^{*4}}\int_0^{\rho^*}\int_0^{2\pi}\frac{\partial W}{\partial\rho}\rho^2\,d\rho\,d\varphi \tag{9}$$

Таким чином, щоб знайти величину аметропії ока за критерієм мінімуму $\overline{\rho}^2$ потрібно виконати такі дії:

- виміряти аберації ОС ока відносно площини предметів, що знаходиться на нескінченності;
- визначити всі коефіцієнти апроксимації функції $W(\rho,\varphi,l,\theta)$;
- знайти похідну по ρ від $W(\rho,\varphi,l,\theta)$ при l=0, якщо Δ_c шукається для зони fovea;
- обчислити Δ_c за формулою (9) з подальшою підстановкою результату в (3) для розрахунку аметропії за вказаним критерієм.

Аналіз впливу монохроматичних поперечних аберацій ОС ока 1, 2 та 3-го порядків на величину визначеної аметропії

Попередніми дослідженнями встановлено, що поперечні монохроматичні аберації ОС ока, як системи просторового типу, складаються із всіх порядків, навіть нульового [7, 10]. Аберації 1, 2 та 3-го порядків мають найбільший вплив на якість зображення, тому обмежимося розглядом порядків до 3-го включно. При цьому похідна, що входить до виразу (9), має вигляд

$$\frac{\partial W}{\partial\rho}=\frac{\partial W_0}{\partial\rho}+\frac{\partial W_I}{\partial\rho}+\frac{\partial W_{II}}{\partial\rho}+\frac{\partial W_{III}}{\partial\rho}+\frac{\partial W_{IV}}{\partial\rho}. \tag{10}$$

У разі використання подвійної церніковської апроксимації функції $W(\rho,\varphi,l,\theta)$ $\frac{\partial W_0}{\partial\rho}\equiv 0$; $\frac{\partial W_I}{\partial\rho}=A_0\cos\varphi+B_0\sin\varphi$

де

$$A_0=\left(CC_{11}^{00}-CC_{11}^{20}+CC_{11}^{40}\right)- \\ -2\left(CC_{31}^{00}-CC_{31}^{20}+CC_{31}^{40}\right)+ \\ +3\left(CC_{51}^{00}-CC_{51}^{20}+CC_{51}^{40}\right);$$

$$B_0=\left(CS_{11}^{00}-CS_{11}^{20}+CS_{11}^{40}\right)- \\ -2\left(CS_{31}^{00}-CS_{31}^{20}+CS_{31}^{40}\right)+ \\ +3\left(CS_{51}^{00}-CS_{51}^{20}+CS_{51}^{40}\right).$$

Похідна $\frac{\partial W_{II}}{\partial\rho}$ виражена дна формулою (6), а похідні $\frac{\partial W_{III}}{\partial\rho}$ і $\frac{\partial W_{IV}}{\partial\rho}$ мають вигляд

$$
\begin{aligned}
\frac{\partial W_{III}}{\partial\rho} = &[(C_2 + D_2\cos 2\theta + E_2\sin 2\theta)\cos\varphi + \\
&+ (F_2 + G_2\cos 2\theta + H_2\sin 2\theta)\sin\varphi] l^2 + \\
&+ 2[I_2\cos\theta + J_2\sin\theta + (K_2\cos\theta + L_2\sin\theta)\times \\
&\times\cos 2\varphi + (M_2\cos\theta + N_2\sin\theta)\sin 2\varphi]\times \\
&\times l\rho + 3(O_2\cos\varphi + P_2\sin\varphi + Q_2\cos 3\varphi + \\
&+ R_2\sin 3\varphi)\rho^2;
\end{aligned}
\qquad (12)
$$

$$
\begin{aligned}
&\frac{\partial W_{IV}}{\partial\rho} = \\
&[(B_3\cos\theta + C_3\sin\theta + BB_3\cos 3\theta + CC_3\sin 3\theta)\times \\
&\times\cos\varphi + (D_3\cos\theta + E_3\sin\theta + DD_3\cos 3\theta + \\
&+ EE_3\sin 3\theta)\sin\varphi\ ] l^3 + [2(F_3 + G_3\cos 2\theta +) \\
&+ H_3\sin 2\theta) + 2(I_3 + J_3\cos 2\theta + K_3\sin 2\theta)\times \\
&\times\cos 2\varphi + 2(L_3 + M_3\cos 2\theta + N_3\sin 2\theta)\sin 2\varphi\ ]\times \\
&\times l^2\rho + [3(O_3\cos\theta + P_3\sin\theta)\cos\varphi + 3(Q_3\cos\theta + \\
&+ R_3\sin\theta)\sin\varphi + 3(S_3\cos\theta + T_3\sin\theta)\cos 3\varphi + \\
&3(U_3\cos\theta + W_3\sin\theta)\sin 3\varphi\ ] l\rho^2 + \\
&4(X_3 + Y_3\cos 2\varphi + Z_3\sin 2\varphi + YY_3\cos 4\varphi + \\
&+ ZZ_3\sin 4\varphi)\rho^3.
\end{aligned}
\qquad (13)
$$

Формули коефіцієнтів апроксимації від A_0 до ZZ_3 через громіздкість у даній статті не наводяться, але вони викладені в [7]. Вказані формули та вигляд виразів (6), (11) – (13) відображають наявність в апроксимаційній фукції W тільки тих поліномів Церніке, які мають значення параметрів n і m від 0 до 6, та n_l, m_l – від 0 до 4. Це забезпечує розклад функції W до 10-го порядку включно, а поперечних аберації – до 9-го порядку за зіничними та предметними координатами. Цього цілком достатньо, по-перше, щоб точно представити аберації нижчих порядків, зокрема з 1-го до 3-го, бо в коефіцієнти аберацій нижчих порядків при подвійному церніковському розкладі входять коефіцієнти апроксимації всіх вищих порядків. По-друге, склад аберацій, які подані виразами (6), (11)–(13), забезпечує потреби офтальмологічної практики.

Після підстановки (6), (11) (13) у (10) і далі у (9) та обчислення інтегралів при $l = 0$ маємо:

$$[\Delta_c]_{\Sigma\, I \ldots IV} = -C_1 - \frac{4}{3} X_3 \rho^{*2}\ , \qquad (14)$$

де у відповідності з позначеннями роботи [7] C_1 – коефіцієнт дефокусування, формула розрахунку якого наведена вище; X_3 – коефіцієнт сферичної аберації 3-го порядку, який за подвійним церніковським розкладом обчислюється за формулою [7]:

$$
\begin{aligned}
X_3 = {} & 6CC_{40}^{00} - 6CC_{40}^{22} + 6CC_{40}^{40} - 30CC_{60}^{00} + \\
& + 30CC_{60}^{20} - 30CC_{60}^{40}.
\end{aligned}
$$

Аналіз виразу (14) дозволяє зробити наступні висновки:

1) із всіх поперечних аберацій 1-го порядку тільки аберація дефокусування має свій вклад у величину Δ_c, хоча на осі у цьому порядку є й первинний астигматизм;
2) кома 2-го порядку, яка є єдиною осьовою аберацією 2-го порядку, не впливає на величину Δ_c;
3) сферична аберація 3-го порядку має вплив на величину Δ_c, але пропорційно другому ступеню величини ρ^*;
4) визначення величини A_R тільки за коефіцієнтом C_1 є коректним лише у випадку відсутності на візуальній осі ока сферичної аберації 3-го і , очевидно, всіх інших вищих порядків цієї аберації.

Коли промінь, який надходить в око паралельно візуальній осі через край зіниці з r_m=3 мм, відхиляється сферичною аберацією, то можна показати, що

$$X_3 = -2{,}25 \cdot 10^{-3} A_{Rcф}\ [\text{мм}], \qquad (15)$$

де $A_{Rcф}$ – діоптрійний еквівалент вказаного відхилення.

При цьому абсолютна різниця $|\delta A_R|$ між величиною аметропії, визначеної лише за коефіцієнтом C_1, і тією її величиною, що визначається за допомогою $[\Delta_c]_{\Sigma\, I \ldots IV}$, має вираз:

$$|\delta A_R| = \frac{2}{3} |A_{Rcф}|\, \rho^{*2} r_m^{-2}. \qquad (16)$$

У зв’язку з тим, що формула (15) дійсна при r_m = 3 мм, а око при спостереженнях в умовах нормальної освітленості або яскравості простору предметів, має діаметр зіниці 2 – 4 мм, то

$$|\delta A_R| = (0{,}0082 - 0{,}0329) |A_{Rcф}| \qquad (17)$$

На рис. 2 приведені графіки $|\delta A_R(\rho^*)|$ при вказаних значеннях $A_{Rcф}$ у діоптріях. Ці графіки дають уяву про порядок величини δA_R та її залежність від $A_{Rcф}$ та ρ^*.

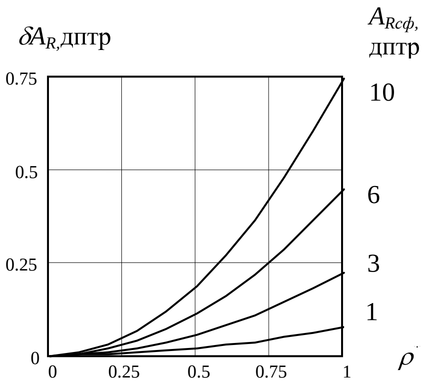

Рис. 2. Абсолютна похибка визначення аметропії у випадку ігнорування сферичної аберації 3-го порядку.

З формули (16) можна також знайти ту найбільшу величину коефіцієнта сферичної аберації X_3, ігнорування якої при розрахунках величини аметропії не призводить до похибки більшо ніж 0,25 дптр, прийняту у офтальмологічних вимірюваннях аметропії за припустиму

$$\left|X_3\right|_{пр} = 0{,}884\cdot 10^{-3}\left(\frac{r_m}{\rho^*}\right)^2 .$$

Висновки

1. При визначенні величини аметропії ока некоректно користуватися лише коефіцієнтом дефокусуваня і не враховувати коефіцієнти інших осьових аберацій типу сферичної, та діаметра зіниці при спостереженнях.
2. В діапазоні значень діаметра зіниці 2−4 мм похибка визначення аметропії, в наслідок не врахування дії наявної сферичної аберації 3-го порядку, не перевищує 0,25 дптр, якщо ця аберація має визначений при r_m=3 мм коефіцієнт $\left|X_3\right| \leq$ (0,068…0,018) мм, інтервал значень якого відповідає вказаним діаметрам зіниці.
3. Запропонована методика, заснована на використанні критерію мінімуму другого гауссового моменту розподілу освітленості в абераційній плямі або критерію максимуму передачі контрасту зображень на сітківці в області малих та середніх просторових частот, дозволяє підвищити точність визначення величини аметропії і наблизити результати об’єктивних і суб’єктивних оцінок цього параметру.

И.Г. Чиж

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ АМЕТРОПИИ ПРИ ПОМОЩИ ФУНКЦИИ ВОЛНОВОЙ АБЕРРАЦИИ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГЛАЗА

Разработана методика определения величины аметропии глаза. Предложено использовать для этого плоскость изображения на сетчатке, в которой имеется наибольший контраст изображений амплитудных решеток с малой и средней пространственной частотой. Показано, что игнорирование действия осевых аберраций оптической системы глаза, а также роли диаметра зрачка во время наблюдений, может привести к существенным ошибкам определения величины аметропии.

I.G. Chyzh

DEFINITION OF SIZE OF AMETROPIA THROUGH FUNCTION OF WAVE-FRONT OF OPTICAL SYSTEM OF AN EYE

The technique of definition of size of ametropia of an eye is developed. It is offered to use for this purpose a plane of the image on a retina, in which there is the greatest contrast of the images of peak lattices with small and average spatial frequency. It is shown, that the ignoring of action axial aberrations of optical system of an eye, and also role of a diameter of a pupil during supervision, can result in essential mistakes of definition of size of ametropia.

1. *Marsall I., Trokel S., Rothery S. and Krueger R.* Photoablative reprofiling of the cornea using an eximer laser: photorefractive ceratectomy // Lasers Ophthalmol. – 1986. – Vol. 1 – P. 21–48.
2. *Чиж И.Г., Сокуренко В.М.* Методы измерения рефракции глаза с пространственным разрешением по зрачку // Оптический журнал. – 2001. – **68**. – № 3. – С. 19–25.
3. *Борн М., Вольф Э.* Основы оптики. – М.: Наука, 1970. – 856 с.
4. *Молебний В.В.,Чиж І.Г., Сокуренко В.М.* Розрахунок первинних аберацій ока за допомогою поліномів Церніке // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2000. – № 1. – С. 85–88.

5. *ГОСТ 14934-88* Офтальмологическая оптика. Термины и определения.
6. *Lukosz W.* Der Einfluβ der Aberrationen auf die optische Ubertragungsfunktion bei kleinen Orts-Frequenzen // Optica Acta. – 1963. – Vol. 10, N 1.– P. 1–20.
7. *Чиж І.Г.* Монохроматичні аберації оптичної системи ока // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2002. – № 1. – С. 98 –110.
8. *David R. Williams, David H. Brainard, Matthew J.McMahon, Rafael Navarro* / Double-pass and interferometric measures of the optical quality of the eye // J. Opt. Soc. Am. A – Vol. 11, N 12 – 1994. – P. 3123–3135.
9. *Бронштейн И.Н., Семендяев К.А.* Справочник по математике. – М.: Наука. Главная ред.физ.-мат. лит-ры, 1986. – 544 с.
10. *Чиж І.Г.* Глобальна апроксимація aбераційної функції оптичної системи ока // Наукові вісті НТУУ "КПІ". – 2001. – № 4. – С.127–135 .

Рекомендована Радою
Приладобудівного факультету НТУУ
«КПІ»

Надійшла до редакції
4 вересня 2001 року