



Національний технічний університет України
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського"

ІНТРАОПЕРАЦІЙНА РЕФРАКТОМЕТРІЯ ОКА

Виконали:

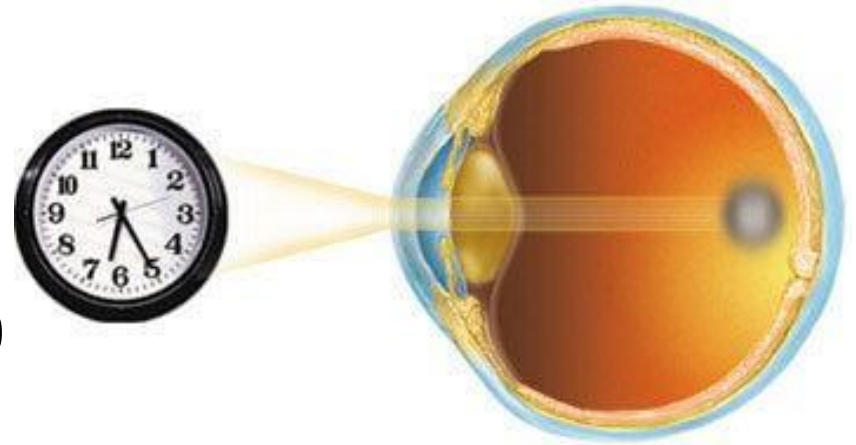
Д-р. техн. наук,
проф. кафедри ООЕП Чиж І. Г.
Студентка Хрієнко К. С.

Доповідач:

студентка 6-го курсу
Гр. ПО-62м
Хрієнко Катерина Сергіївна

Актуальність

Катаракта (помутніння кришталіка ока) – поширена патологія зорового органу людей. В світі щорічно проводиться більше 20 мільйонів хірургічних операцій з імплантації штучних інтраокулярних лінз (ІОЛ). Забезпечення планової післяопераційної рефракції ока потребує здійснення його доопераційної біометрії, що не гарантує похибки постопераційної рефракції ока в межах менших ± 0.25 дптр



Мета: підвищення точності визначення потрібної оптичної сили ІОЛ, що підлягає імплантації в око при хірургії катаракти.

Задача: обґрунтування альтернативного методу приопераційної рефрактометрії ока, який вільний від недоліків аналогів і має потенційну здатність до більш точного визначення потрібної оптичної сили ІОЛ.

Чотири покоління формул для розрахунку оптичної сили ІОЛ

I - покоління

- *Фьодоров, Binkhorst, Colenbrander-Hoffer, SRK I*
- точні оптичні та лінійні регресійні

II - покоління

- *Binkhorst-II, Hoffer SRK II, Donzis-Kastl-Gordon*
- теоретичні формули з уточнюючими параметрами та нелінійні регресійні формули

III - покоління

- *Holladay 1, Hoffer Q, SRK/T*
- розрахунок ІОЛ з обчисленням персоніфікованого фактора для конкретного типу лінзи

IV-покоління

- *Haigis, Holladay II, Barret*
- характеризується наявністю декількох констант, отриманих за результатом багатofакторного регресійного аналізу та більш точними оптимізованими показниками

Параметри для розрахунку

R

*Радіус
поверхні
рогівки*

L

*Довжини ока
(відстань між
поверхнею
рогівки і
сітківкою
вздовж
візуальної осі
ока)*

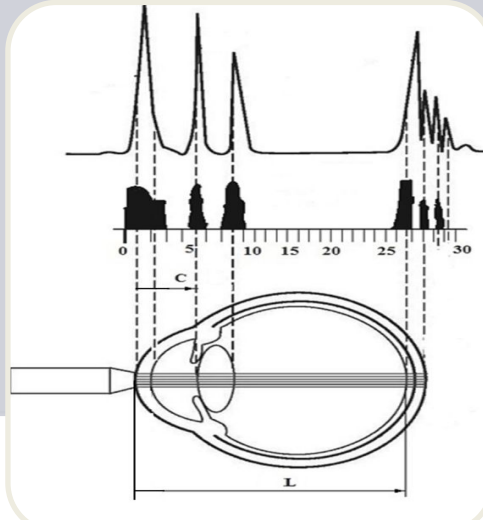
C

*Глибини
передньої
камери
(відстані між
поверхнею
рогівки і
кришталіком
)*

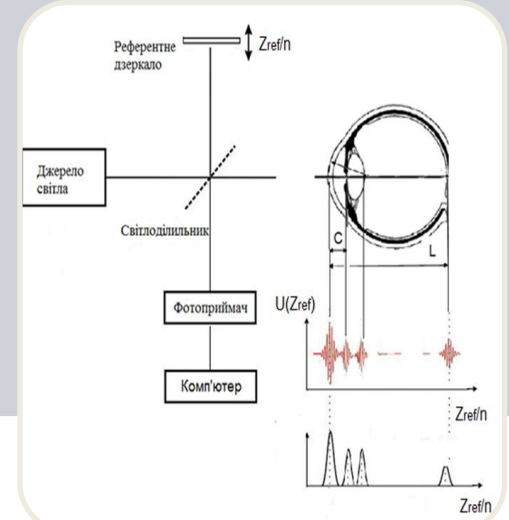
Методи передопераційної біометрії



Кератометри
(кератотопографи)
для вимірювання
параметру R



**Ультразвуков
а біометрія**
для
вимірювання C ,
 L



**Оптична
когерентна
томографія**
(ОКТ) для
вимірювання C ,
 L

Інтраопераційна біометрія ока

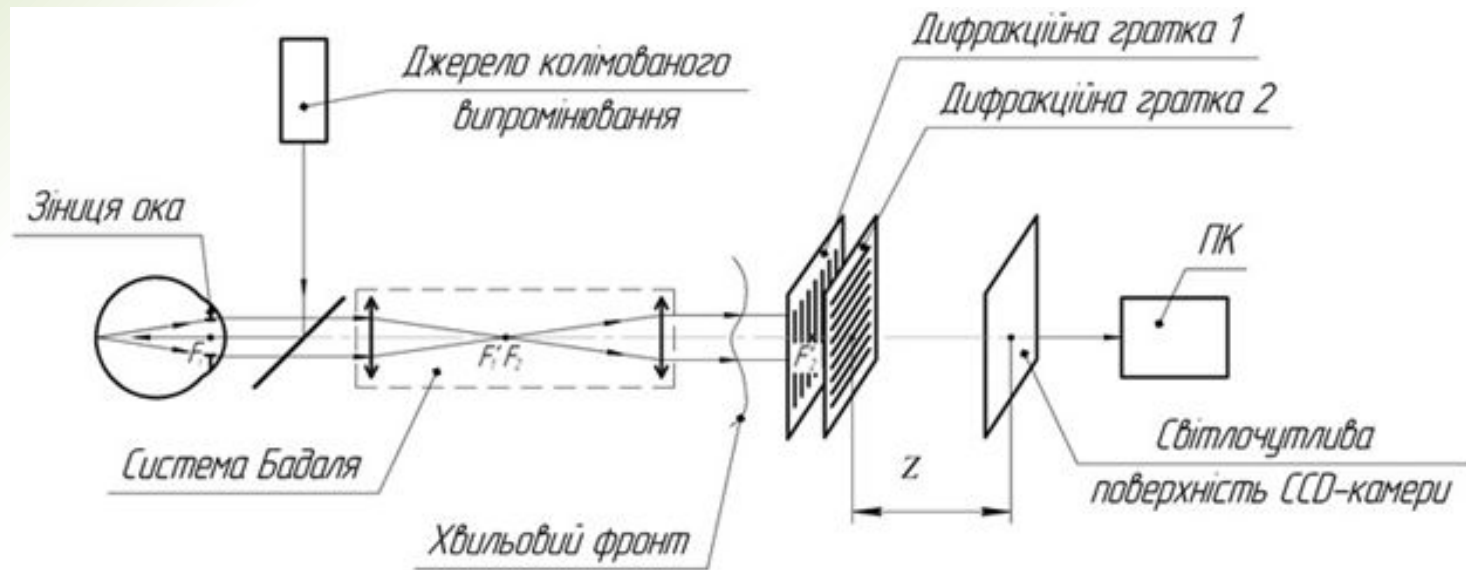


**ORA System® with VerifEye™
(Optiwave® Refractive Analysis)
компанії Wave Tec Vision Systems
Inc (США)**

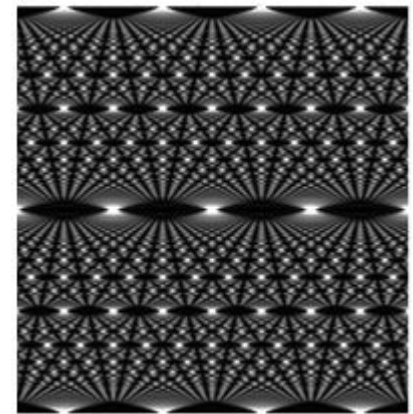


**аберометр HOLOS IntraOp™
Wavefront Aberrometer компанії
Clarity Medical Systems (США)**

Оптична схема аберометра приладу ORA System®

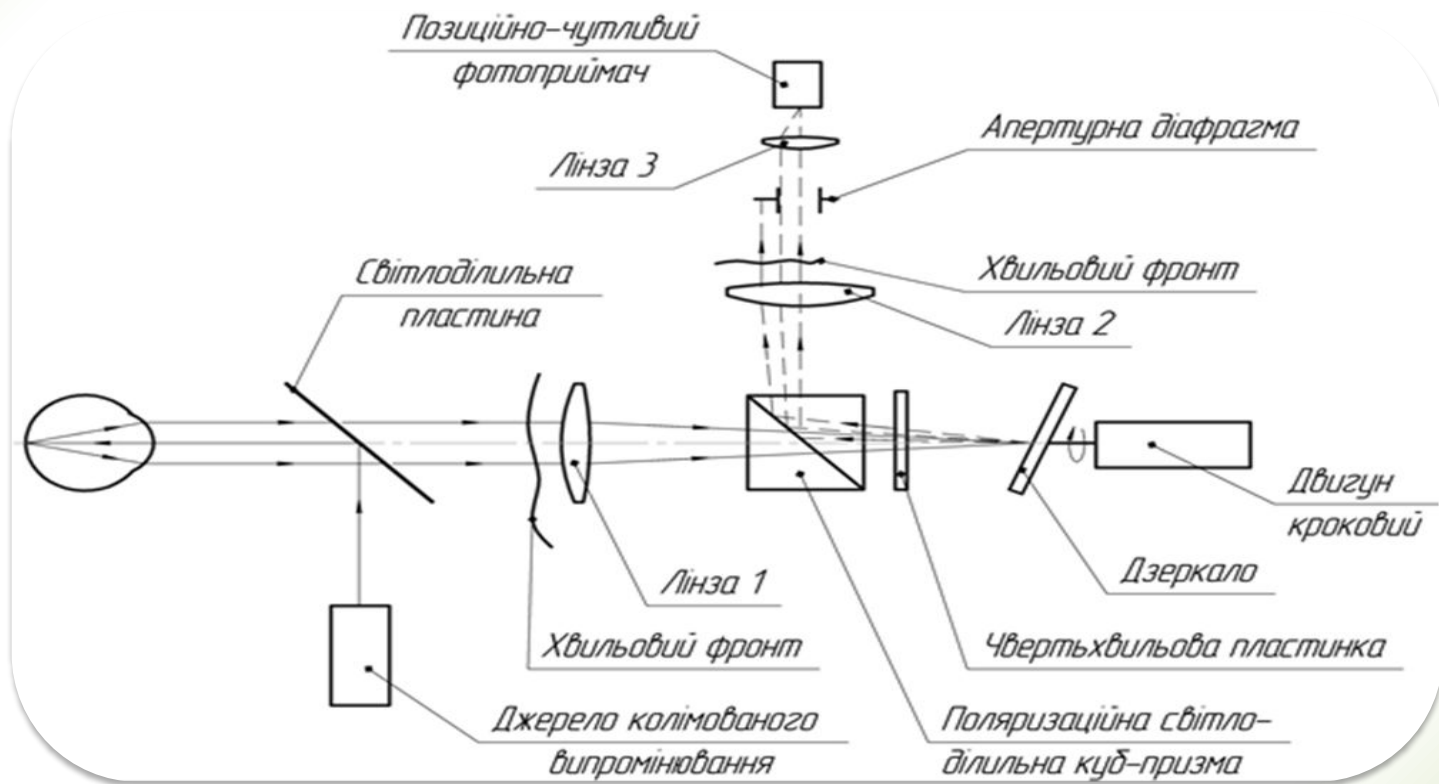


В аберометрі ORA System використано датчик, який діє на основі аналізу геометричних спотворень картини «ковдри» Талбота. **«Ковдра» Талбота** є інтерференційною картиною, що утворюється світловою плоскою хвилею після проходження через дві однакові схрещені дифракційні ґратки Рончі. «Ковдра» Талбота спостерігається за ґратками вздовж нормалі до них періодично (період Z).



$$Z = \frac{d^2}{\lambda} q$$

Оптична схема інтраопераційного аберометра HOLOS IntraOp™



Інтраопераційна аберометрія

«+»

Дозволяє виявляти і коригувати астигматизм, обумовлений задньою поверхнею рогівки

Підвищення точності визначення оптичної сили інтраокулярної лінзи

проведення аналізу в реальному часі

«-»

Залежність від оптичних завад, що створюють неоднорідності

Четливий до децентрування оптичної осі аберометра відносно візуальної осі ока

Збільшення часу аналізу

необхідність додаткових маневрів від хірурга

Показали у найкращих випадках зменшення післяопераційної рефракційної помилки до рівня $(0,36 \pm 0,30)$ дптр. Хоча, як відомо, похибка окулярної корекції аметропії більше ± 0.25 дптр вважається небажаною

Інтраопераційна рефрактометрія

Метод заснований на використанні результатів фотоелектричного аналізу тривимірного розподілу освітленості в «повітряному» зображенні світлової мікроплями на сітківці афакічного ока.

«Повітряне» зображення – це зображення фрагменту сітківки, сформоване оптичною системою ока в променях, які ідуть у зворотному напрямку від сітківки до рогівки.

Тривимірна мікрофотометрія вказаного «повітряного» зображення дозволяє вимірювати параметри рефракційних аномалій ока – «сферу» та «циліндр».

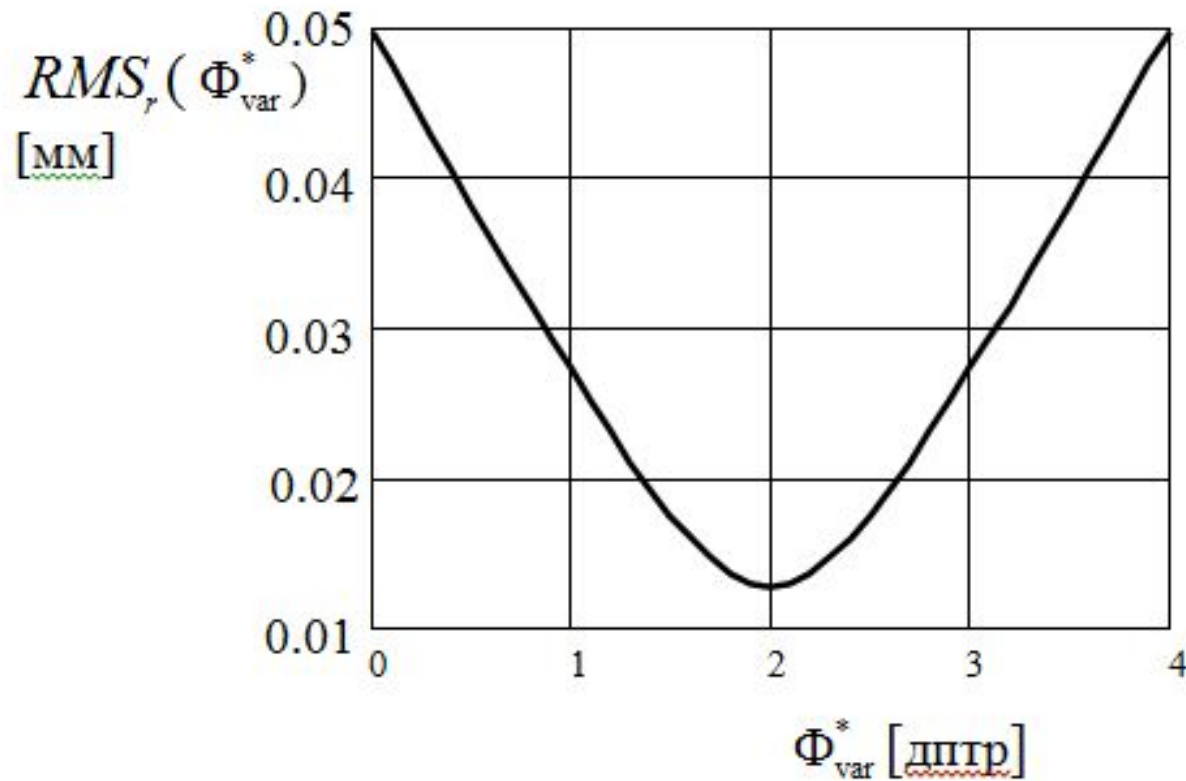
Формула розрахунок полярного RMS-радіуса

RMS (root mean square – середнє квадратичне значення)
розподіл освітленості у зображенні мікроплямі відносно точки її
«світлового» центру ваги (центроїду):

$$RMS_r(\Phi_{\text{взр}}) = r_\rho(\Phi_{\text{взр}}) = \sqrt{\frac{\iint_Q [E(x, y, \Phi_{\text{взр}})] (x^2 + y^2) dx dy}{F}}$$

де $E(x, y)$ – функція розподілу освітленості у конкретному перетині зображення світлової плями, Q – зона, де $E(x, y) \neq 0$, (x, y) – координати, початок яких знаходиться у точці світлового центру «ваги» перетину – у центроїді.

Залежність RMS від оптичної сили варіокомпонента



Формули розрахунків RMS- радіусів осьових та відцентрового

$$RMS_y(\Phi_{\text{var}}) = r_y(\Phi_{\text{var}}) = \sqrt{\frac{\iint_{\mathcal{Q}} x^2 E(x, y, \Phi_{\text{var}}) dx dy}{F}}$$

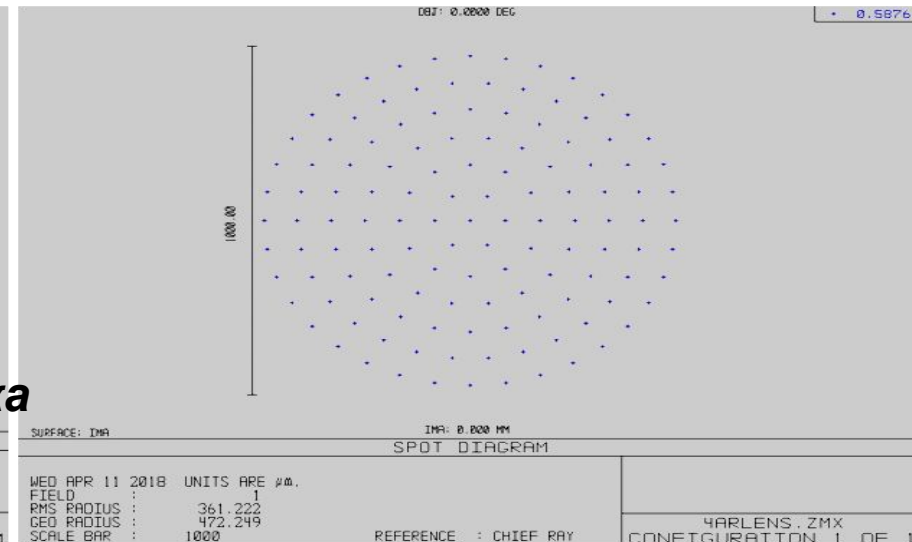
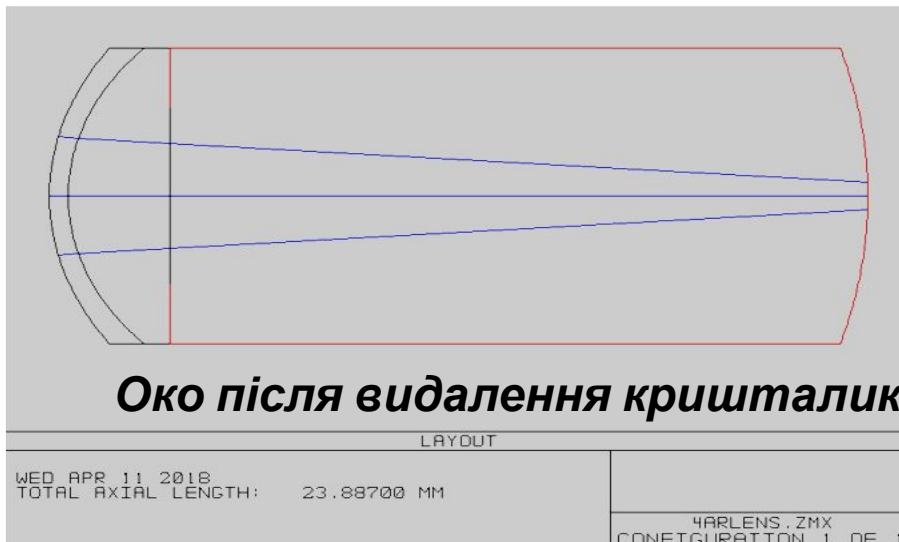
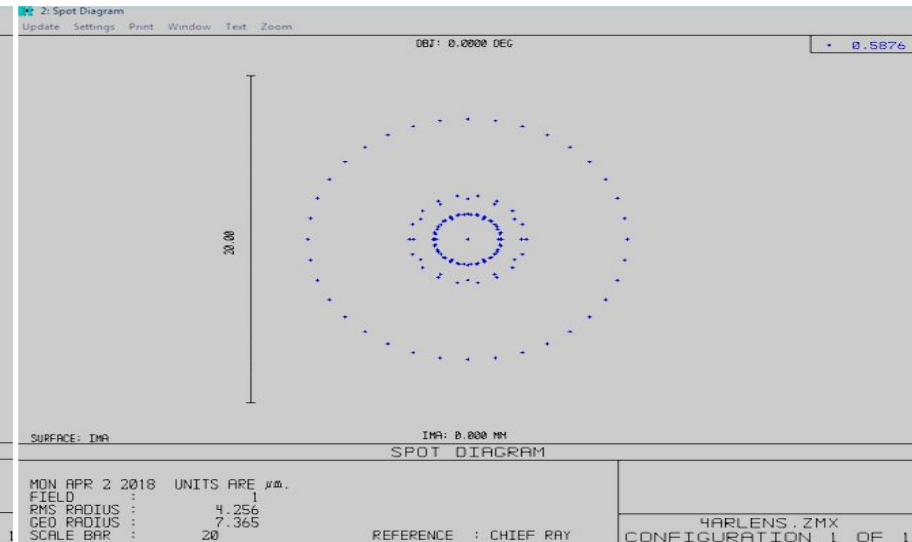
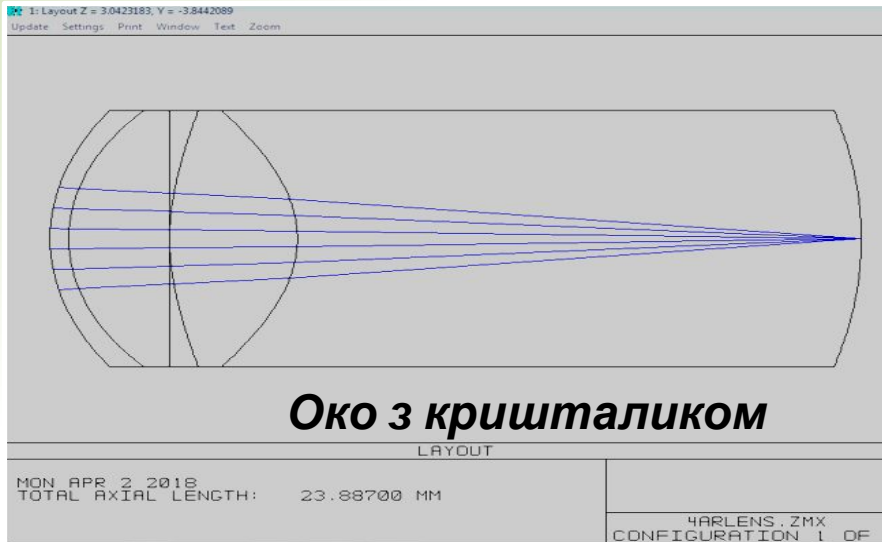
$$RMS_x(\Phi_{\text{var}}) = r_x(\Phi_{\text{var}}) = \sqrt{\frac{\iint_{\mathcal{Q}} y^2 E(x, y, \Phi_{\text{var}}) dx dy}{F}}$$

$$RMS_{xy}(\Phi_{\text{var}}) = r_{xy}(\Phi_{\text{var}}) = \sqrt{\frac{\iint_{\mathcal{Q}} xy E(x, y, \Phi_{\text{var}}) dx dy}{F}}$$

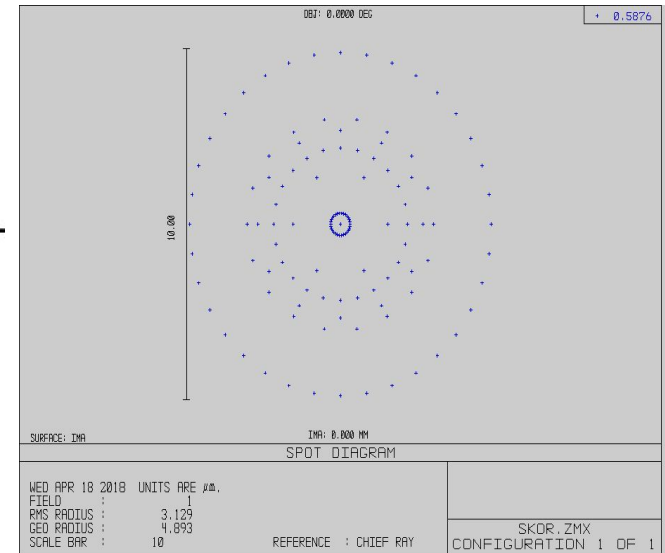
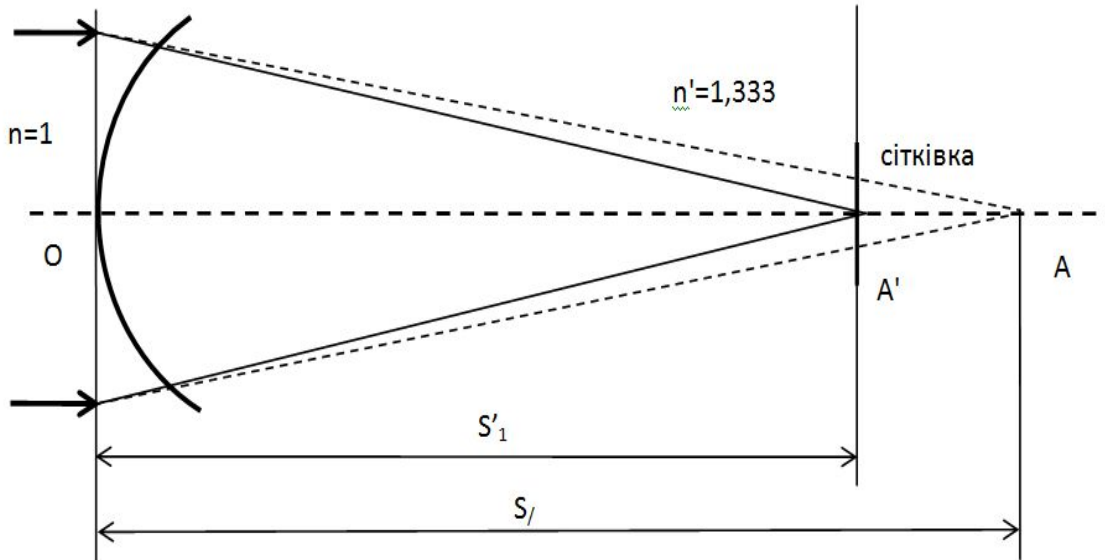


**Розподіл опромінення на світлочутливій поверхні
відеокамери при послідовній зміні оптичної сили варіолінзи**

Схематичне око людини



Визначення довжини ока I



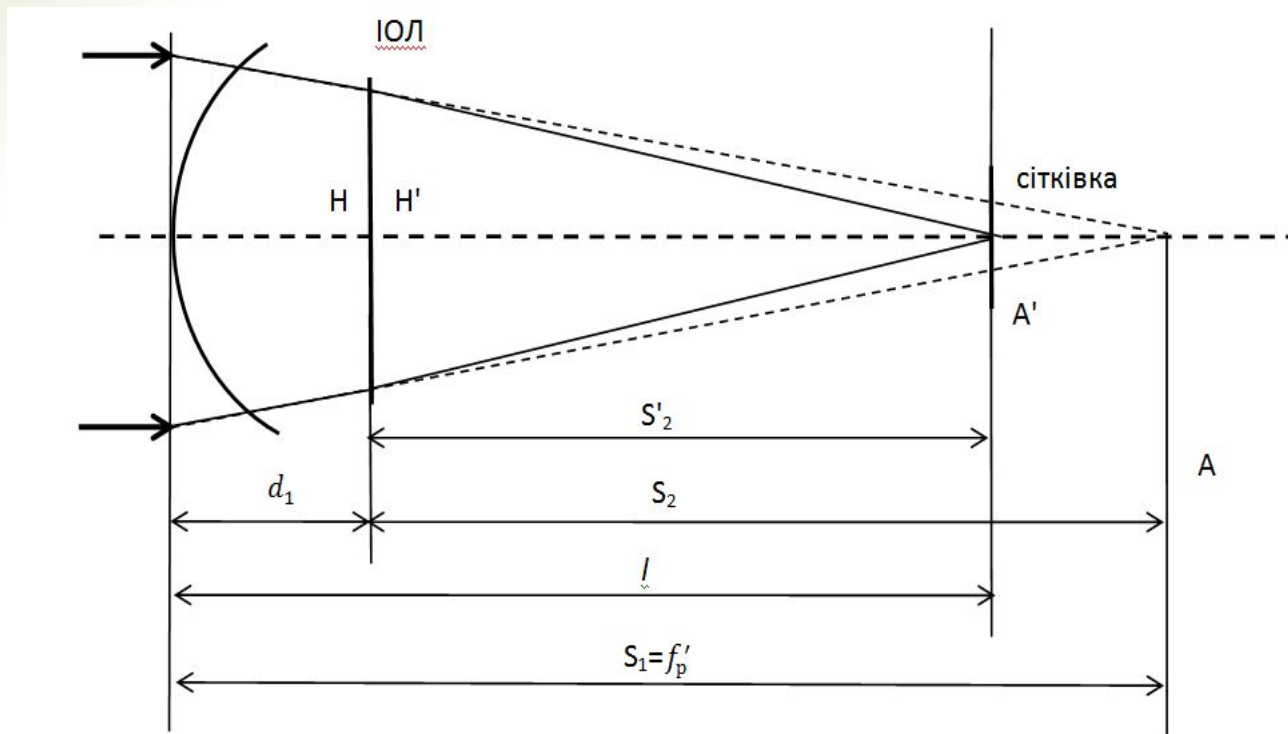
$$l = \frac{n' r f'_{var}}{r + (n' - 1) f'_{var}}$$

n' – коефіцієнт заломлення
середовища ока

f'_{var} – фокусна відстань ВЛ

r – радіус рогівкиока

Встановимо «віртуальну» тонку варіолінзу



$$\frac{1}{S_2'} - \frac{1}{S_2} = \frac{1}{f_{\text{ЮЛ}}'} \quad \rightarrow \quad f_{\text{ЮЛ}}' = \frac{S_2' S_2}{S_2 - S_2'}, \quad \rightarrow \quad \begin{aligned} S_2' &= l - d_1, \\ S_2 &= S_1' - d_1, \end{aligned} \quad \rightarrow \quad f_{\text{ЮЛ}}' = \frac{(l - d_1)(S_1' - d_1)}{S_1' - l}$$

Результати

	ЮЛ встановлено на задній поверхні кришталіка	ЮЛ знаходиться на площині гаптики	ЮЛ встановлено на задній поверхні кришталіка	ЮЛ знаходиться на площині гаптики	ЮЛ встановлено на задній поверхні кришталіка	ЮЛ знаходиться на площині гаптики
L мм	23.887 (нормальне око)		24.707 (довге око)		21.487 (коротке око)	
r_1 мм	7.8					
d_1 мм	0.55					
r_2 мм	6.5					
d_2 мм	6.737	3.91	6.737	3.93	6.737	3.83
f' мм (zemax)	39.359	51.480	48.75	63.15	26.15	35.51
Φ дптр (zemax)	25.407	19.425	20.513	15.835	38.24	28.161
f' мм	39.652	51.850	49.07	63.902	26.259	35.69
Φ дптр.	25.219	19.286	20.379	15.649	38.082	28.019
$d\Phi$ дптр.	0.188	0.138	0.134	0.186	0.158	0.142

Послідовність дій

Встановлюється віртуальна тонка ВЛ впритул до передньої поверхні рогівки афакічного ока.

Змінюючи оптичну силу ВЛ досягаємо мінімального значення RMS, фіксуємо дане значення.

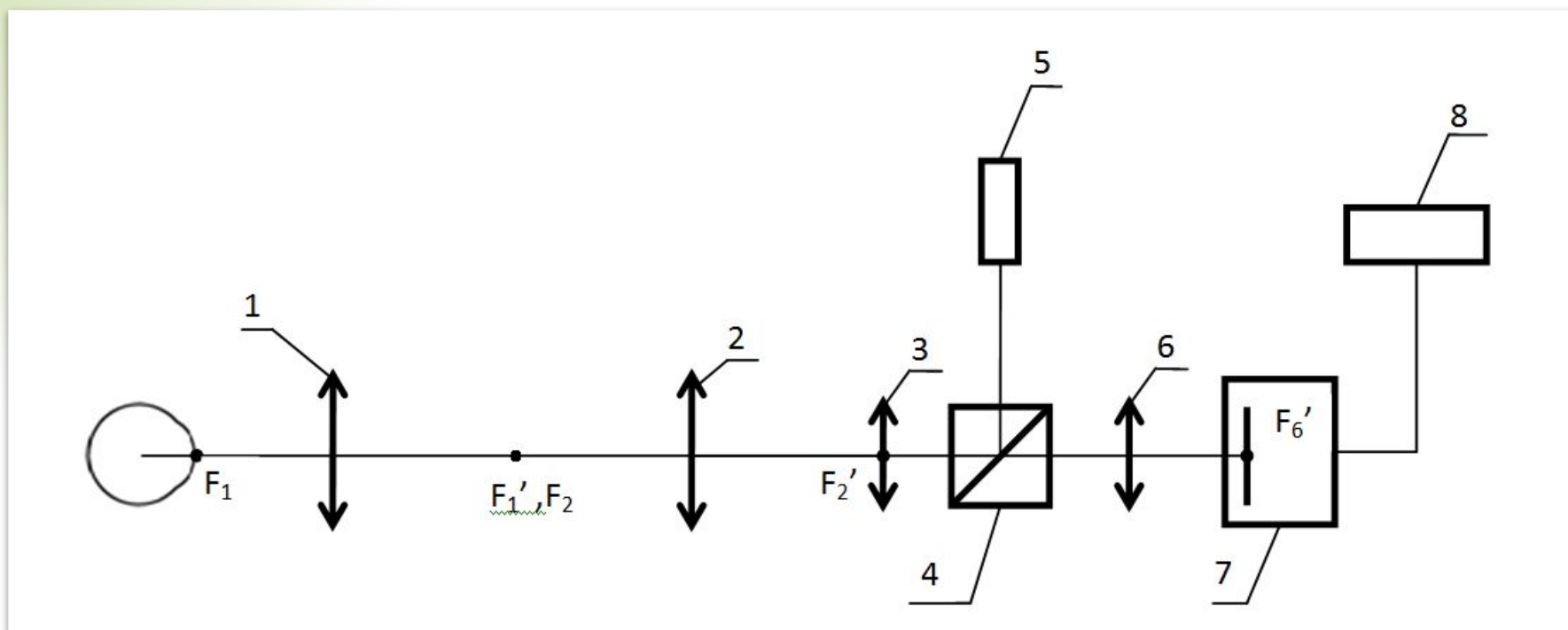
Розраховуємо апаратним засобом довжину ока з урахування попередньо встановленим значення оптичної сили ВЛ.

Встановлюється віртуальна тонка ВЛ в положення площини гаптики.

Змінюючи оптичну силу ВЛ досягаємо мінімального значення RMS, фіксуємо дане значення.

Порівнюємо результати.

Функціональна схема



1, 2 – лінзи телескопічної системи; 3 – варіолінза; 4 – поляризаційна світлоділильна куб-призма; 5 – джерело колімованого і лінійно поляризованого випромінювання; 6 – об'єктив відеокамери 7; 8 – комп'ютер

Висновки

1. Інтраопераційна аберометрія афакічного ока доповнює передопераційну біометрію та потребує використання складної і дорогої апаратури та застосування алгоритмів розрахунків Р ІОЛ, що не гарантують задовільної точності забезпечення післяопераційної рефракції.
2. Метод інтраопераційної рефрактометрії, заснований на тривимірній мікрофотометрії «повітряного» зображення світлової мікроплями на сітківці, дозволяє уникнути передопераційного вимірювання передньозаднього відрізка та необхідності розрахунків оптичної сили ІОЛ за існуючими на цей час формулами
3. Запропонований метод рефрактометрії дозволяє здійснювати суб'єктивну підгонку Р ІОЛ за участю самого пацієнта.
4. Подальшим кроком розвитку методу є розробка алгоритму визначення Р ІОЛ з урахуванням передопераційного прогнозу його розташування у кришталиковому міхурі.