

# ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ДІАГНОСТИЧНИХ ПРОЕКЦІЙ НА ОКО ПРИ КЕРАТОМЕТРІЇ

Поліщук О. С., ORCID 0000-0003-4997-4247 e-mail E\_1\_@ukr.net

Козяр В. В., к.м.н., доц., ORCID 0000-0002-6252-6660  
e-mailkozyarvasiliy@gmail.com

Кафедра біомедичної інженерії, Факультет біомедичної інженерії  
Національний технічний університет України  
"Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" kpi.ua  
Київ, Україна

**Реферат** — У цій роботі проведено аналіз існуючих аналогів, інформаційних джерел та порівняння можливих форм розміщення кілець Placido для проекції на око людини при проведенні кератометрії.

Метою дослідження є пошук оптимального розміщення кілець, яке дає найменшу похибку при утворенні проекції на око та забезпечує достовірність результатів. На основі результатів пошуку, скласти прототип прилада та провести експерименти.

Вибір форм для проекції, проводився за рахунок обробки, як вітчизняних джерел інформації, так і закордонних. Згідно даних, було обрано три основні типи розміщення, площинне, від'ємне конусне та від'ємне параболоїдне, всі вони побудовані в виді трьохвимірних моделей. Для цього, були використані середовища Solidworks і 3Ds max. Дані середовища, дають можливість відслідкувати хід оптичних променів проекції моделі і отримати її на ту чи іншу поверхню, в даному випадку, модель рогівки ока людини. Отримані проекції на рогівці проаналізовано за допомогою цих же середовищ та наочним шляхом. Вибрано, актуальну модель, яка задовольняє мету, яка зазначалась.

На основі аналізу моделей складено прототип прилада з використанням оптимального розміщення. Представлено результати перших експериментів використання вибраного розміщення кілець Placido для проекції. До кожного отриманого результату був поставлений відповідний діагноз, який опирається на діагностику, яка проведена за допомогою інших методів та іншими авторами. Таким чином, достовірність використання запропонованого методу отримання проекції, підтверджується результатами інших авторів, що дає право вважати прилад та його методику діагностування вірними.

**Ключові слова** — Кератометрія, математичне моделювання, кератометр, астигматизм, кератоконус, кератоглобус, кератит, проекції Placido, інтраокулярна лінза (ІОЛ).

## I. Вступ

Прилад кератометр призначений для оцінки викривлення передньої поверхні ока людини, рогівки, з метою діагностики та виявлення астигматизму, кератоглобуса, кератоконусу, розрахунку оптичної сили інтраокулярної лінзи (ІОЛ), яку імплантують при видаленні катаракти. Кератометрію включають в план підготовки до лазерної корекції зору або інших коригуючих операцій на очах, перед протезуванням кришталіка, використовують для оцінки результатів хірургічного лікування або корекції [1], [2]. Вимірювання проводиться як в міліметрах (мм), так і діоптріях (дптр).

Не дивлячись на велику кількість робіт, присвячених кератометрії, ця тема є не достатньо досліджена. Стандартні автокератометри вимірюють кривизну зовнішньої поверхні рогівки лише в чотирьох точках параболічної зони із радіусом 3 мм, рис. 1, при

цьому найбільш інформативний оптичний центр та периферія не потрапляють у зону виміру.

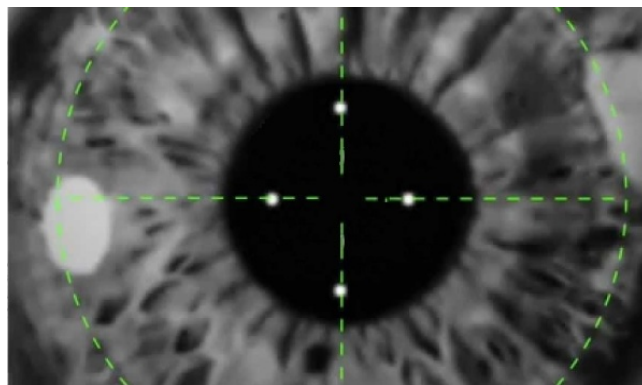


Рис. 1. Кератометрія рогівки в 4-х точках [3]

На рис. 2 представлена спеціальна картка, за допомогою якої проводиться аналіз кривизни рогівки. Лікар розміщується перед пацієнтом, притуляючи картку до свого ока, і через лінзу, розташовану в центрі картки,

спостерігає зображення на поверхні ока пацієнта. На картці нанесені концентричні кільця, зображення яких, освітлені із навколишнього середовища, проєктуються на передню поверхню рогівки. Критерієм діагностики є відхилення форми зображень на рогівці від кола. Недосконалістю даної методики є суб'єктивність і вона не дає можливість отримати цифрові значення відхилень форми передньої поверхні рогівки від сферичної. Крім того, обов'язковою умовою для її використання є наявність достатнього освітлення в приміщенні для отримання якісних проєкцій кільця на око.



Рис. 2. Картка з концентричними кільцями Пласідо[4]

Необхідно з'ясувати, яке розміщення дисків Placido в створюваному приладі є оптимальним, забезпечує більшу діагностичну інформативність та достовірність отриманих даних.

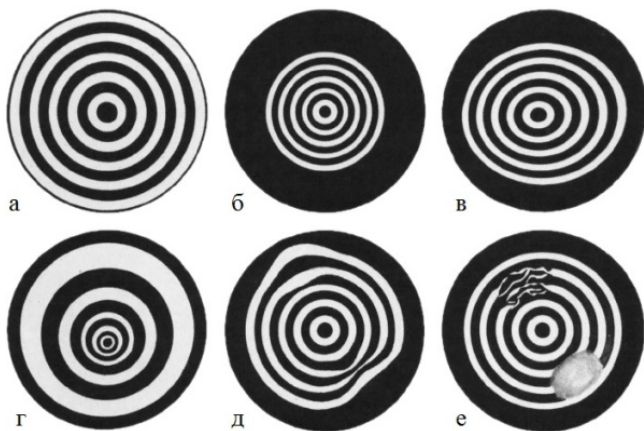


Рис. 3. Зображення кільця Пласідо при різних видах патології [5].

1. Рогівка, у якій радіус більший, ніж нормальний, характеризується на кератограмі-

льшим радіусом кільця. Навпаки, якщо радіус рогівки менше норми, то кільця зменшені (рис. 1, а, б).

2. Астигматизм характеризується на кератограмах еліптичною формою зображення кільця (рис. 1, в).

3. При кератоконусі кільця зменшені в області його вершини, де радіус поверхні малий, і розширені в периферичній сплюснутій частині (рис. 1, г).

4. Місцеві сплюснення рогівки викликають на відповідних ділянках зображення розширення кільця, навпаки, більш опуклі ділянки характеризуються звуженням кільця (рис. 1, д).

5. Якщо рогівка має хвилясту, зморщену поверхню, що буває при кератитах, зображення кільця зникає і з'являється переплетення ліній неправильної форми (рис. 1, е).

6. Ті місця рогівки, де порушена нормальна структура епітелію, на кератограмах характеризуються зникненням чіткого малюнка кільця, замість якого видно світлу розпливчасту пляму (рис. 1, е).

## II. Моделювання різновидів розміщення концентричних кільця

В запропонованому приладі для проведення діагностики використовується проєкція 12 кільця Placido [6], що дозволяє оцінити кривизни рогівки, як в центральній частині, так і на її периферії. В даному кератометрі відстань від прилада до ока пацієнта становить 10 см. Для проєкції на око використовується світлодіодне джерело освітлення, світловий потік якого 870 лм, потужність 14.4 Вт/м<sup>2</sup>, розміщене в приладі за кільцями [7]. В центрі кільця знаходиться фото-відео камера для реєстрації зображення та послідовного його аналізу.

Досліджувались проєкції на око кільця Placido при площинному, від'ємному конусному, від'ємному параболоїдному їх розміщеннях. Моделювання цих кільця в середовищах Solidworks [8] і 3Dsmax [9], дає можливість провести порівняння отриманих проєкцій та визначити переваги та недоліки кожного з них.

На рис. 4 представлені 3 моделі, на яких ліворуч частини розташовані кільця Placido, а з правої сторони – рогівка. Дане моделювання відображає хід променів та отримання проєкції дисків на рогівку.

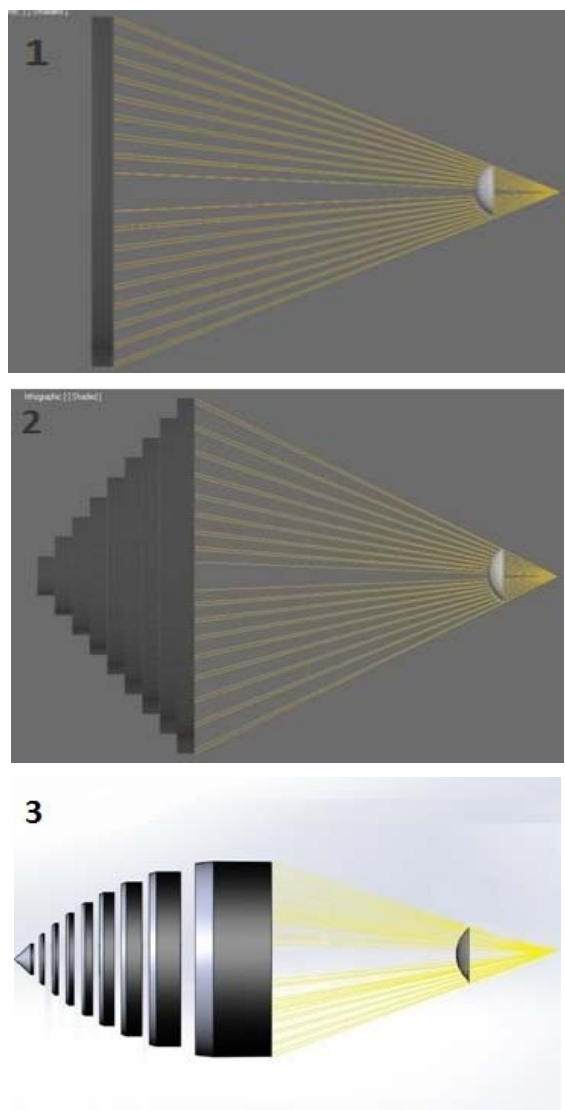


Рис. 4. Результат моделювання

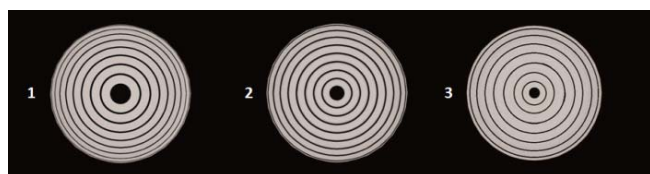


Рис. 5. Результати проєкцій концентричних кілець на рогівку ока: 1 – площинне розміщення; 2 – від’ємне конусне розміщення; 3 – від’ємне параболоїдне розміщення.

### III. Висновки щодо отриманих моделей

Виходячи з отриманих даних (рис. 5, пп. 1, 2, 3), видно, що проєкції значно різняться. В моделі з розміщенням на площині, присутнє явне спотворення геометричних розмірів. Центральне кільце збільшене, а кожне наступне не тільки зменшує свою товщину, а й не зберігає сталість проміжків між ними.

При від’ємному конусному розміщенні проміжки між кільцями та товщина кілець є сталими.

У від’ємному параболоїдному розміщенні, центральна частина значно зменшена, спочатку відстань між кільцями поступово збільшується, потім, після 6-го, зменшується.

Спотворення, що присутні в моделях 1 та 3, ведуть до хибної постановки діагнозу. За результатами моделювання можна прийти до висновку, що оптимальним розміщенням в приладі кілець для проєкції, яке задовольняє більшість умов, є конусне від’ємне. На рис. 6 зображено результат дослідження кривизни рогівки при розміщенні кілець Placido по типу 2-ї моделі, рис. 4.

### IV. Експеримент та його результат

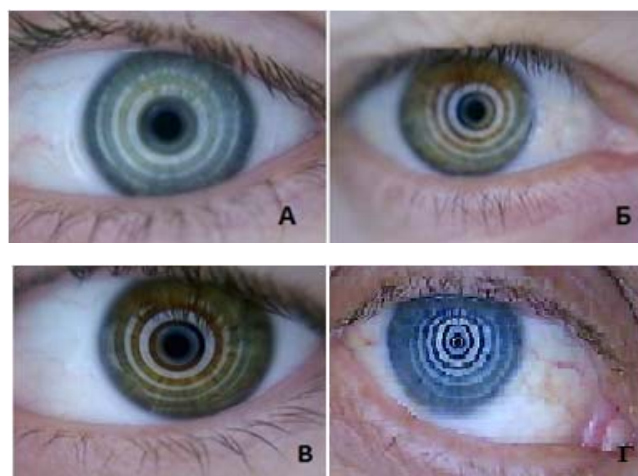


Рис. 6. Результат проведення експерименту

Рис. 6 (А), спотворень не спостерігається (суб’єкт віком 18 років).

Рис. 6 (Б), 4-й диск зміщений в сторону слизового м’язця, наступні, 5-й та 6-й диски, значно витянулись і їх практично не можливо ідентифікувати, всі вони не зберігають свою товщину (досліджуваний віком 53 роки).

Рис. 6 (В), Диски не зберігають свою товщину (досліджуваний віком 29 років).

Рис. 6 (Г), 8 та 9 кільця витянуті в бік слизового м’язця, не зберігають сталість проміжків між собою (досліджуваний віком 55 років).

Згідно проведеного експерименту, у досліджуваних виявлені ознаки астигматизму [10] та кератоконусу [5], що свідчить про працездатність приладу.

### V. Висновок

В роботі наведені результати моделювання та аналіз трьох основних варіантів розміщення кілець Placido в приладі для кератометрії.

Встановлено, що більш придатним для проведення кератометрії за допомогою кілець

Placido є конусне від'ємне розміщення, тому що при його використанні проекція кілець на рогівку не має спотворень, які присутні в двох інших моделях.

Експериментальні данні підтвердили можливість та вірність використання такого типу розміщення. Порівнявши отримані зображення рис. 6 із зображеннями на рис. 3, можна встановити, що у досліджуваного (рис. 6 (А) відсутні патологічні спотворення, рис. 6 (Б) свідчить про наявність астигматизму [10], а рис. 6 (В) вказує на нерівномірність кривизни рогівки, а рис.6 (Г) – на астигматизм [10] та кератоконус.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Поліщук О. С. Удосконалення світлового випромінення кератометра: збірник / О. С. Поліщук. — Вінниця, 2017 – 83-85 с.
- [2] Oleksandr Polischuk. Carrying out keratometry: збірник / Oleksandr Polischuk. — Харків: НП, "ЦНТ" 2017. — 45-47 с.
- [3] Mrimmayee Ghatak. Cornealaphi / Ghatak Mrimmayee.—Kota, India, 2016. — 186 с.
- [4] Кринец Ж. М. Практические навыки и методы исследования в офтальмологии: пособие/ Ж. М. Кринец, Н. Г. Солодовникова, С. Н. Ильина.— М.: Республика Беларусь, Гродно, Кафедра глазных болезней, 2014. — 5 с.
- [5] Пучковская Н. А. Атлас глазных болезней / Н.А. Пучковская: АМН СССР. — М.: Медицина, 1981, 368 с., ил.
- [6] Пат. 120893 Україна, МПК (2017.01) A61B 3/107 (2006.01) G02B 6/00. Автофотокеатометр/Поліщук О.С.; заявл. 18.05.2017; опубл. 27.11.2017, Бюл. № 22
- [7] Светодиодная лента SVT 5050 60 CWst : [Електронний ресурс]. — Режим доступу : HYPERLINK "<https://svetlini.ua/svetodiodynaya-lenta-svt-5050-60-cwst>"
- [8] Алямовский А. А. SolidWorksSimulation как решать практические задачи / А. А. Алямовский. — М.: БХВ Петербург, 2012. — 443 с.
- [9] Горелик А. М. Самоучитель 3dsMax 2014 / А. М. Горелик. — М.: БХВ Петербург, 2014.
- [10] Радзиховский Б. Л. Астигматизм человеческого глаза / Б. Л. Радзиховский. —М.: Медицина, Москва, 1969, 300 с.

## ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ НА ГЛАЗ ПРИ КЕРАТОМЕТРИИ

Полищук А. С., ORCID 0000-0003-4997-4247

e-mail E\_1\_@ukr.net

Козяр В. В., к.м.н., доц., ORCID 0000-0002-6252-6660

e-mail kozyarvasiliy@gmail.com

Кафедра биомедицинской инженерии

Факультет биомедицинской инженерии

Национальный технический университет Украины

"Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского" kpi.ua

Киев, Украина

**Реферат** — В этой работе проведен анализ существующих аналогов, информационных источников и сравнения возможных форм размещения колец Placido для проекции на глаз человека при проведении кератометрии.

Целью исследования является поиск оптимального размещения колец, которое дает наименьшую погрешность при образовании проекции на глаз и обеспечивает достоверность результатов. На основе результатов поиска, составить прототип прибора и провести эксперименты.

Выбор форм для проекции, проводился за счет обработки, как отечественных источников информации, так и зарубежных. Согласно данным, были выбраны три основных типа размещения, плоскостное, отрицательное конусное и отрицательное параболоидное, все они построены в виде трехмерных моделей. Для этого были использованы среды Solidworks и 3Ds max. Данные среды, дают возможность проследить ход оптических лучей проекции модели и получить ее на ту или иную поверхность, в данном случае, модель роговицы глаза человека. Полученные проекции на роговице проанализированы с помощью этих же сред и наглядным путем. Выбрано, актуальную модель, которая удовлетворяет цель, которая указывалась.

На основе анализа моделей составлен прототип прибора с использованием оптимального размещения. Представлены результаты первых экспериментов использования выбранного размещения колец Placido для проекции. К каждому полученному результату был поставлен соответствующий диагноз, который опирается на диагностику, проведенную с помощью других методов и другими авторами. Таким образом, достоверность использования предложенного метода получения проекции, подтверждается результатами других авторов, дает право считать прибор и его методику диагностирования верными.

**Ключевые слова** — Кератометрия, математическое моделирование, кератометр, астигматизм, кератоконус, кератоглобус, кератит, проекции Placido, интраокулярная линза (ИОЛ).

# CHOICE OF OPTIMAL VARIETIES OF DIAGNOSTICAL PROJECTION ON THE EYE FOR KERATOMETRY

**Polischuk O. S.**, 0000-0003-4997-4247 e-mail E\_1\_@ukr.net

**Koziar V. V.**, Ph.D., Assoc., ORCID 0000-0002-6252-6660

e-mail kozyarvasiliy@gmail.com

Department of Biomedical Engineering, Faculty of Biomedical Engineering

National Technical University of Ukraine

"Igor Sikorsky Kiev Polytechnic Institute" kpi.ua

Kiev, Ukraine

**Abstract** — In this work, an analysis of existing analogues, information sources and comparison of possible forms of placement of Placido rings for projection onto the human eye during keratometry is carried out.

The purpose of the research is to find the optimal placement of the rings, which gives the least error in the formation of projection on the eye and ensures the reliability of the results. Based on the results of the search, make a prototype device and conduct experiments.

The choice of forms for projection was carried out at the expense of processing both domestic sources of information and foreign ones. According to the data, three main types of placement, plane, negative conical and negative paraboloid were selected, all of them are constructed in the form of three-dimensional models. For this purpose, Solidworks and 3Ds max were used. These media provide an opportunity to trace the course of optical rays of the projection of the model and get it on this or that surface, in this case, the model of the cornea of the human eye. The obtained projections on the cornea are analyzed using these same environments and in a visual way. Selected, current model that satisfies the target that was specified.

On the basis of model analysis a prototype of the device was compiled using the optimal placement. The results of the first experiments using the chosen placement of Placido rings for projection are presented. An appropriate diagnosis was made for each result obtained, which is based on the diagnosis carried out by other methods and other authors. That is way, the validity of the use of the proposed method for obtaining a projection, is confirmed by the results of other authors, gives the right to consider the device and its diagnostics method correct.

**Key words** — Keratometry, mathematical modeling, keratometer, astigmatism, keratoconus, keratoglobus, keratitis, Placido projections, intraocular lens (IOL).