

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УСТРОЙСТВ КОНТРОЛЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТНЫХ ЛИНЗ

*Мария Игоревна Кильневая*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, магистрант кафедры фотоники и приборостроения, тел. (960)795- 20-62, e-mail: kilnewaya@yandex.ru

*Игорь Олегович Михайлов*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плеханова, 10, кандидат технических наук, доцент кафедры фотоники и приборостроения, тел. (383)344-29-29, e-mail: prooptiku@gmail.com

В статье показана актуальность контроля геометрических параметров контактных линз. Рассмотрены виды линз, их преимущество перед очками, а также приборы для контроля радиусов кривизны вогнутой поверхности линзы. Выявлены недостатки имеющихся устройств и способов контроля контактных линз. Предложен принцип работы оптико-электронного устройства для бесконтактного контроля геометрических параметров контактных линз.

**Ключевые слова:** радиус кривизны, контактная линза, мягкая контактная линза, жесткая контактная линза, геометрические параметры, бесконтактный метод измерения, оптический прибор, оптико-электронное устройство

## TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF DEVICES FOR CONTROL OR GEOMETRIC PARAMETERS OF CONTACT LENSES

*Maria I. Kilnevaya*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Novosibirsk, Graduate, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (960)795-20-62, e-mail: kilnewaya@yandex.ru

*Igor O. Mikhailov*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph. D., Associate Professor, Department of Photonics and Device Engineering, phone: (383)344-29-29, e-mail: prooptiku@gmail.com

The article shows the relevance of the control of the geometric parameters of contact lenses. The types of lenses, their advantage over glasses, as well as devices for monitoring the radii of curvature of the concave surface of the lens are considered. The shortcomings of the available devices and methods for monitoring contact lenses are revealed. The principle and features of operation of an optoelectronic device for non-contact control of geometric parameters of contact lenses are proposed.

**Keywords:** radius of curvature, contact lens, soft contact lens, hard contact lens, geometric parameters, non-contact measurement method, optical device, optoelectronic device

## ***Введение, актуальность***

Контактные линзы – это оптические устройства для коррекции зрения, которые помещаются на поверхность глаза. Такой способ коррекции зрения считается удобнее привычных очков. Контактные линзы позволяют восстановить способность работать при некоторых патологических изменениях глаза, когда обычные очки недостаточно эффективны. В последние годы наблюдается тенденция развития контактной коррекции зрения.

Важной контрольной операцией при изготовлении контактной линзы является измерение радиусов кривизны поверхностей. Отклонение от заданной кривизны приводит к нарушению конструктивных параметров оптических систем и ухудшению качества изображения. Плохая посадка контактной линзы из-за несоответствия радиуса кривизны линзы форме роговицы может стать причиной отказа от их ношения.

Для измерения радиусов кривизны сферических поверхностей в лабораторных условиях используют ряд методов, целесообразность применения которых зависит от значения радиуса, требуемой точности измерения и наличия подходящего оборудования.

Разработка измерительного устройства для контроля комплекса характеристик является актуальной задачей, необходимой в области медицины, а именно офтальмологии, так как контактные линзы являются неотъемлемой частью жизни значительной части людей с нарушением зрения.

В данной работе объектом исследования является оптическое устройство для автоматического контроля, предметом – метод измерения параметров контактной линзы.

## ***Виды контактных линз***

Контактные линзы значительно отличаются от привычных очков в косметическом отношении, так как не видны окружающим. При изменении направления взгляда контактная линза повторяет все движения глазного яблока. Контактные линзы можно носить в течение длительного времени – от нескольких часов до нескольких суток в зависимости от типа линз [1].

Современные контактные линзы представляют собой оптическую систему с преломляющими поверхностями сложной формы близкой к сферической, одна из которых непосредственно контактирует с глазом. Между задней поверхностью линзы и передней поверхностью роговицы имеется слой слезной жидкости, коэффициент преломления которой приблизительно такой же, как роговицы и материала, из которого изготовлена линза. Жидкость заполняет воздушный промежуток между глазом и линзой. Действие первой поверхности корригирует все неровности глаза.

Таким образом, лучи света преломляются на передней поверхности линзы. Жидкость нейтрализует недостатки формы роговицы (рис. 1).

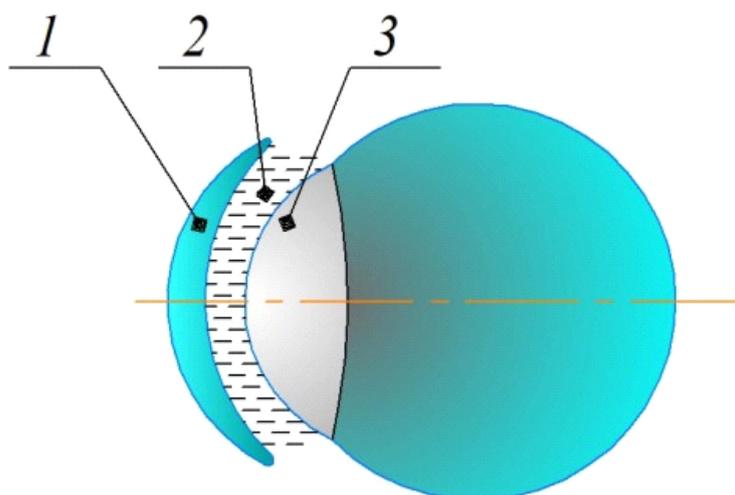


Рис. 1. Ход лучей при контактной коррекции зрения:

1 – контактная линза; 2 – слезная жидкость в подлинзовом пространстве; 3 – роговица

Классификация контактных линз определяется материалом, из которого они изготовлены. В зависимости от этого они делятся на жесткие контактные линзы (ЖКЛ) и мягкие контактные линзы (МКЛ).

Жесткие линзы подразделяются на газонепроницаемые (выполнены из полиметилметакрилата (РММА)) и газопроницаемые (изготавливаются из сополимеров силикона).

Мягкие контактные линзы выполнены из полимерных материалов, таких как гидроксиметилметакрилат (НЕМА), они отличаются гидрофильностью, эластичностью, газопроницаемостью и делятся на низкогидрофильные (содержание воды от 38 % до 45 %) и высокогидрофильные (содержание воды от 45 % до 85 %) [2, 3].

Технологический процесс изготовления МКЛ методом точения состоит из следующих операций:

- обработка габаритного диаметра заготовки;
- точение краевой зоны;
- точение и полирование внутренних поверхностей линзы;
- контроль поверхностей и измерение толщины заготовки по центру;
- точение и полирование наружных поверхностей;
- контроль параметров линзы в сухом состоянии;
- полирование краевой зоны линзы;
- гидратация;
- окончательный контроль оптических и геометрических параметров линзы

в мягком состоянии.

Обязательной контрольной операцией при изготовлении контактных линз является измерение радиусов кривизны сферических поверхностей. Отклонение от заданных значений приводит к нарушению оптических характеристик линзы и к снижению качества изображения. Для измерения радиусов кривизны сфери-

ческих поверхностей используют методы и устройства, выбор которых определяется величиной измеряемого радиуса кривизны, требуемой точности измерения [4, 5].

Далее приведены основные параметры типовых МКЛ (рис. 2). Базовый радиус кривизны  $R_6$  лежит в диапазоне от 7,3 до 9,2 мм с интервалом 0,2 мм. Диаметр линзы от 12,5 до 15,0 мм. В зависимости от вида МКЛ их толщина в центре колеблется от 0,17 до 0,4 мм [6].

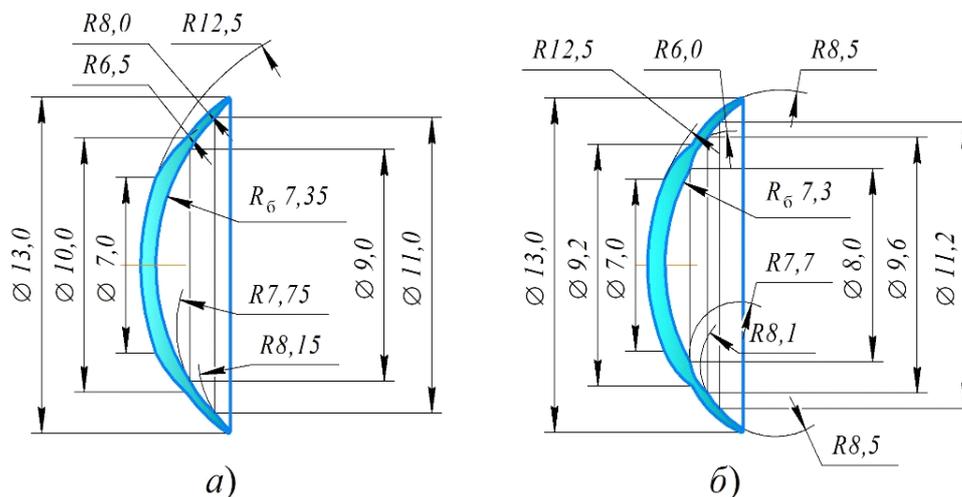


Рис. 2. Конструктивные параметры мягкой контактной линзы:

а) для коррекции высокой миопии; б) для коррекции кератоконуса

### **Приборы для измерения геометрических параметров контактных линз**

На данный момент существует не так много способов измерения геометрических параметров контактных линз на производстве [7, 8]. Рассмотрим два основных устройства.

Контроль геометрических параметров контактных линз осуществляется на устройстве типа УКМЛ-1 (рис. 3).

Принцип работы устройства УКМЛ-1 основан на соприкосновении измерительного штока с внутренней поверхностью линзы, что является основным недостатком рассматриваемого метода измерений, особенно МКЛ. Наблюдения ведут на экране проектора. Плавно поворачивая рукоятку шкалы измерения радиуса, связанную со штоком, перемещают шток до момента касания его с внутренней поверхностью линзы. По шкале определяют значение радиуса кривизны. А так же в процессе измерений линзу нужно вручную перемещать [9].

Так же используют автоколлимационный прибор для бесконтактного измерения радиусов кривизны сферических поверхностей линз ИЗР-60 (рис. 4).

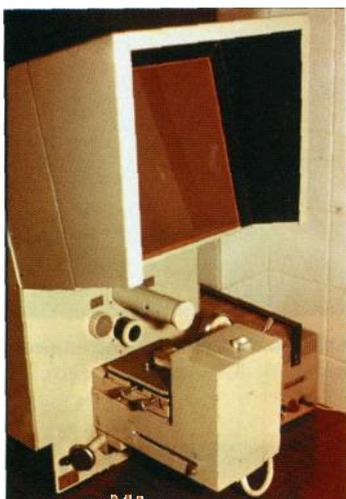


Рис.3. УКМЛ-1



Рис. 4. Автоколлимационный прибор ИЗР-60

Измерители радиусов ИЗР-60 предназначены для измерения радиусов кривизны внешней и внутренней поверхностей контактных линз.

Принцип действия измерителя радиусов основан на автоколлимационном методе, который исключает недостатки выше рассмотренного метода измерений. Конструкция ИЗР-60 обеспечивает получение автоколлимационного изображения марки от поверхности контактной линзы и через центр ее кривизны [10].

В процессе анализа данных методов был выявлен ряд основных недостатков в способах измерений. Рассмотренные методы являются визуальными с недостатками, характерными для этих методов измерений: низкая производительность измерений, зависимость результатов измерений от психофизического состояния оператора.

Учитывая, что современные технологии направлены на развитие и улучшение приборов, в частности в области офтальмологии, было предложено разработать принцип действия оптико-электронного прибора с автоматическим бесконтактным способом измерения контактных линз. Разрабатываемое устройство должно иметь бесконтактный метод измерения МКЛ, при котором исключается деформация измеряемой поверхности и быть построено на современной опто-электронной элементной базе.

### ***Принцип метода измерения, положенный в основу разрабатываемого прибора***

Для измерения радиусов кривизны поверхностей МКЛ следует отдать предпочтение оптическим бесконтактным методам измерений, не требующем механического контакта измерительного устройства с измеряемым объектом.

Предлагаемый принцип измерений перспективен при измерении вогнутых полированных сферических поверхностей МКЛ и обеспечивает ряд специфических требований:

- бесконтактный оптический метод измерений;
- измерение мягкой поверхности линзы;
- измерение радиусов кривизны в одном сечении для различных точек;
- построение профиля поверхности линзы в разных радиальных сечениях;
- диаметр МКЛ от 7 до 15 мм;
- контроль одной поверхности линзы с исключением влияния второй поверхности на результат контроля.

Предлагается метод относительных измерений в диапазоне базового радиуса кривизны поверхности МКЛ от 7,3 до 9,2 мм. Измеряется отклонение от номинального (эталонного) значения принятого равным  $r_э = 7$  мм.

Принцип работы сферометра поясняется на рис. 5. Измерительная система настраивается по эталонной сферической поверхности, при этом узкий пучок параллельных лучей падает на поверхность в точку, расположенную на расстоянии  $a$  от вершины сферической поверхности, под углом  $\alpha$  к ее нормали и отражается от поверхности под тем же углом  $\alpha$ . Положение нормали в системе координат  $xOy$  определяется углом  $\alpha$ . Тот же луч, падающий на контролируемую поверхность радиусом  $r$  на расстоянии  $a$ , с нормалью к поверхности будет образовывать угол  $\beta$ , а отразится от поверхности на угол, отличный от первоначального положения. Разница двух положений лучей составляет угол  $\epsilon$ .

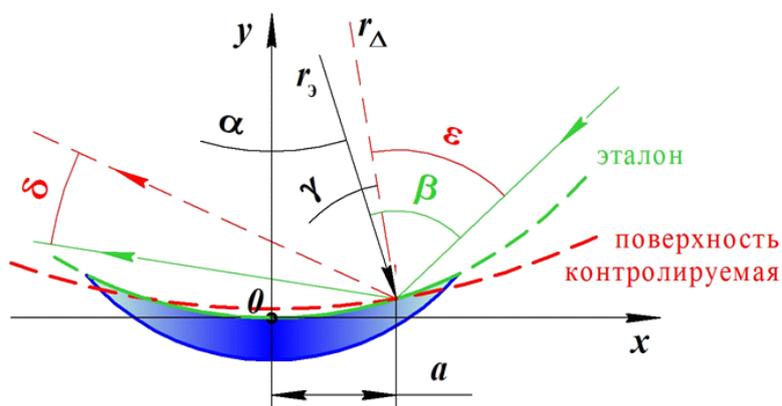


Рис. 5. Принцип работы сферометра для измерения радиуса кривизны МКЛ

Теоретический радиус эталонной сферической поверхности вычисляется по формуле

$$r_э = \frac{a}{\sin \alpha},$$

где  $a$  – расстояние от вершины сферической поверхности до точки падения луча на контролируемую поверхность.

Радиус кривизны контролируемой поверхности  $r$  вычисляется по формуле

$$r_{\Delta} = \frac{a}{\sin(\alpha + \gamma)}.$$

Из формулы получается

$$a = r_{\gamma} \sin \alpha = 7 \sin \alpha.$$

Из рис. 5

$$\gamma = \frac{\delta}{2}.$$

После подстановки в формулу получается расчетная формула сферометра

$$r_{\Delta} = \frac{7 \sin \alpha}{\sin\left(\alpha + \frac{\delta}{2}\right)}.$$

Таким образом оптико-электронный измерительный модуль в бесконтактном режиме должен определять углы  $\alpha$ ,  $\delta$ , по которым вычисляется радиус кривизны в локальной точке поверхности. Сканирование поверхности позволяет строить облако точек, формирующих поверхность МКЛ.

### ***Заключение***

Разработка метода и устройства для автоматического контроля геометрических параметров контактных линз является актуальной задачей для развития современной офтальмологии. Предполагаемое схемное решение прибора позволяет в автоматическом режиме бесконтактно измерять радиус кривизны внутренней поверхности контактных линз, что и определяет основное достоинство этого устройства особенно при контроле МКЛ.

### **БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК**

1. Розенблюм Ю.З., Оптометрия. Подбор средств коррекции зрения : практ. пособие. 2-е изд., испр и доп. – СПб.: Гиппократ, 1996. – 320 с.
2. ГОСТ 31586-2012 Линзы контактные мягкие. Общие технические условия [Текст] : нац. стандарт РФ. – Введ. 01.01.2015. – Стандартинформ, 2013. – 17 с.
3. Пат. 2536324 Российская Федерация МПК G02FC 7/04; Модель глаза для оптимизации конструкции контактных линз [Текст] / В. Потзе, С. Э. Франклин, К. Хендрикс, Х. Л. Перес; заявитель и патентообладатель Джонсон энд Джонсон Вижн КЭА, ИНК. – 2012130057/28; заявл. 17.12.2010; опубл. 20.12.2014. – Бюл. № 35. – 17 с. : ил.
4. Колдрик Б. Проверка параметров и контроль качества контактных линз // Современная оптометрия. – 2015. – №5 (85). – С. 8–13.
5. ГОСТ Р 53433-2009 Оптика офтальмологическая. Линзы контактные. Методы измерений [Текст] : нац. стандарт РФ. – Введ. 02.12.2009. – Стандартинформ, 2010. – 42 с.

6. Киваев А. А., Шапиро Е. И. Контактная коррекция зрения : учеб. пособие. – М.: ЛДМ Сервис, 2000. – 224 с. : ил.
7. Пизюта Б. А., Михайлов И. О. Новые оптико-электронные приборы для оптический измерений : пособие для вузов. – Н.: СГГА, 1996. – 77 с.
8. Пат. 2066872 Российская Федерация МПК G02С 7/04; Контактная линза [Текст] / Э. В. Седен, Ш. Р. Гамильтон; заявитель и патентообладатель Бритиш Технлоджи Груп ЛТД. – 5052434/28; заявл. 06.11.1990; опубл. 20.09.1996. – 7 с. : ил.
9. Всё о зрении [Электронный ресурс]. URL: <http://zreni.ru/169-kontaktная-korreksiya-zreniya-kivaev-aa-shapiro-ei.html/> (дата обращения 22.03.2021).
10. ГОСТ 7723-80 Измерители радиусов ИЗР-60. Назначение и область применения [Текст]: гос. комитет ССР по стандартам. – Введ. 23.04.1980. – Гос. реестр, 1981. – 3 с.

© М. И. Кильневая, И. О. Михайлов, 2021