

**III Международный конкурс исследовательских работ школьников  
"Research start 2020/2021"**

**ОПТИЧЕСКИЙ ПРИБОР ДЛЯ СКРИНИНГОВОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ И  
ДИНАМИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ, НАРУШАЮЩИЙ  
ПРОЗРАЧНОСТЬ ОПТИЧЕСКИХ СРЕД ГЛАЗА**

Автор: Моренко Виталий Алексеевич,  
МБОУ г. Мурманска «Гимназия № 2», 9 класс  
Научный руководитель: Засухина Елена Викторовна,  
учитель физики, МБОУ г. Мурманска «Гимназия № 2»

Мурманск  
2020г.

## Оглавление

I.	Введение .....	3
II.	Основная часть.....	4
1.	Теоретическая часть .....	4
1.1.	Физическая природа глаза .....	4
1.2.	Физические принципы исследования прозрачности оптических сред глаза....	5
2.	Практическая часть .....	6
2.1.	Прибор для выявления нарушений прозрачности оптических сред глаза....	6
2.2.	Моделирование устройства для выявления нарушений прозрачности оптических сред глаза .....	6
2.3.	Алгоритм выполнения экспериментальной части .....	7
2.4.	Алгоритм анализа полученных данных в результате апробации и тестирования экспериментальной установки .....	7
III.	Заключение.....	8
IV.	Список литературы.....	9
V.	Приложения .....	10

# **ОПТИЧЕСКИЙ ПРИБОР ДЛЯ СКРИНИНГОВОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ И ДИНАМИЧЕСКОГО НАБЛЮДЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ, НАРУШАЮЩИЙ ПРОЗРАЧНОСТЬ ОПТИЧЕСКИХ СРЕД ГЛАЗА**

## **I. Введение**

Все краски мира, все его линии сходятся в одной точке – зрачке человеческого глаза. По разным данным наш мозг получает до 90% информации посредством зрения. Понятно, что потеря столь важного информационного канала существенно скажется на качестве жизни человека. Изучая физические принципы работы органа зрения, я был удивлён мудростью природы, создавшей столь совершенную оптическую систему. Ещё больше меня восхитили достижения современной медицины в области лечения патологии преломляющих сред глаза. Но почему же вокруг нас столько людей с плохим зрением? Ответ очевиден. Современные технологии лечения заболеваний глаз эффективны при своевременной диагностике. Размышления на эту тему и стали прологом к этой работе.

**Гипотеза:** я предполагаю, что выявлять нарушение прозрачности оптических сред глаза можно в условиях доврачебного приёма, если использовать специальные устройства для их регистрации.

**Цель:** создать устройство, для раннего выявления и наблюдения заболеваний, нарушающих прозрачность оптических сред глаза, в процессе доврачебного осмотра, методом скринингового<sup>1</sup> обследования.

### **Задачи:**

1. Изучить физические явления в оптических средах и физические явления возникающие при нарушении прозрачности оптических сред глаза.
2. Изучить физические принципы медицинских исследований, применяемых для диагностики нарушения прозрачности оптических сред глаза.
3. Сконструировать прибор, позволяющий выявлять нарушение прозрачности оптических сред глаза, методом скринингового обследования.
4. Разработать методические рекомендации и алгоритм для работы с прибором и анализа полученных результатов

### **Методы:**

1. Аналитический (анализ, изучение и обобщение сведений)
2. Конструирование (моделирование)
3. Экспериментальный

**Объект исследования:**

Физические явления, возникающие при нарушении прозрачности оптических сред

**Предмет исследования:**

Определение способов регистрации нарушения прозрачности оптических сред глаза с помощью специального оборудования.

**Актуальность:** К нарушениям прозрачности оптических сред глаза относят: помутнение роговицы, хрусталика и стекловидного тела<sup>2</sup>. В 90% случаев - это помутнение хрусталика (катаракта<sup>3</sup>). В Мурманске и области проживает 760000 человек, заболеваемость катарактой составляет 3,5%<sup>4</sup> таким образом в нашем регионе более 26000 пациентов с катарактой. Если учесть, что поражаются как правило оба глаза, можно говорить о более чем 50000 случаев заболевания. Учитывая, что только своевременное выявление позволяет использовать эффективные методы предотвращения слепоты и слабовидения, выбранная нами тема для исследования актуальна для нашего региона и имеет практическую значимость.

**Новизна:** на данный момент персонал кабинетов доврачебного осмотра не имеет в своём распоряжении простого в использовании оборудования для определения прозрачности оптических сред глаза, который позволит выявлять заболевания на ранней стадии.

**II. Основная часть****1. Теоретическая часть****1.1. Физическая природа глаза**

С точки зрения физики глаз человека – это совокупность оптических сред, разделенных оптическими поверхностями, которые ограничиваются диафрагмами. Иными словами, это оптическая система, которая предназначена для формирования изображения путем преобразования световых пучков. С определёнными допусками можно говорить о том, что мы имеем дело с центрированной<sup>5</sup> оптической системой. Учитывая что фокусное расстояние приблизительно 2-2,5 см, её оптическая сила (рефракция)<sup>6</sup> должна составлять порядка 60 D. Понятно, что внутри глаза луч света проходит в практически однородной среде с незначительно меняющейся оптической плотностью, что обеспечивает плавное изменение его траектории. Основными проводящими и преломляющими свет элементами являются: роговица (вогнуто-выпуклая линза 42-47 D), хрусталик (двояко-выгнутая линза 18-20 D) и стекловидное тело (гелеобразная субстанция 5-10 D) (см. рис.1 А, Б <sup>7</sup>).

## 1.2. Физические принципы исследования прозрачности оптических сред глаза

Травмы, заболевания и аномалии развития глаз могут приводить к нарушению прозрачности этих элементов оптической системы. В нашей работе нас интересовали именно нарушения прозрачности оптических сред глаза и способы их регистрации.

Наиболее простое и информативное исследование оптических сред глаза - это «исследование в проходящем свете». Суть метода заключается в наблюдении света, отражённого от внутренних оболочек глаза обследуемого, в проекции зрачка (так называемого рефлекса глазного дна см. рис.2<sup>8</sup>). В физике зрачок иногда приводят как пример абсолютно чёрного тела<sup>9</sup>, и действительно, шарообразное глазное яблоко с непрозрачными стенками и маленьким отверстием в виде зрачка способно поглотить большую часть светового потока попавшего внутрь. Однако если источник света и наблюдатель будут находиться на одной прямой, которая будет совпадать с осью оптической системы глаза, то часть светового потока отразится от внутренних оболочек и вызовет свечение в проекции зрачка. В медицине это явление называют «розовым зрачковым рефлексом», а фотографам оно известно как «эффект красных глаз»<sup>10</sup>.

Если на пути отражённых лучей встречаются помутнения оптических сред, то они визуализируются как тёмные участки на красно-розовом фоне, равномерное помутнение приводит к ослаблению рефлекса с глазного дна, а полное помутнение оптических сред выглядит как серый рефлекс (т.е. полное отсутствие красно-розового свечения). Таким образом можно выявить нарушение прозрачности: роговицы, влаги передней камеры глаза, хрусталика и стекловидного тела. Для уточнения локализации помутнений используют метод параллакса<sup>11</sup>. При осмотре глаза в проходящем свете оценивают параллактическое смещение помутнений, локализующихся в различных отделах глазного яблока. Место нахождения их можно определить по направлению и амплитуде смещения тени относительно какой-либо стабильной точки, например, центра зрачка. Для этого необходимо, чтобы глаз совершил два движения — вверх и вниз или вправо и влево.

Тогда окажется, что помутнения, лежащие кпереди от плоскости хрусталика, движутся в ту же сторону, что и глаз. Помутнения же, находящиеся за указанной плоскостью, будут смещаться в противоположную сторону. Это вызвано тем, что точка вращения глазного яблока располагается на 12 мм глубже передней поверхности роговицы, и при движениях глаза помутнения в передних и задних отделах глаза будут смещаться по-разному, и чем ближе они будут находиться к точке вращения тем меньше будет их амплитуда движений. Так как хрусталик в глазу человека располагается близко к точке вращения, то его помутнения не будут смещаться относительно центра зрачка или будут

совершать низкоамплитудные перемещения. Помутнения роговицы будут совершать высокоамплитудные перемещения в сторону движения глаза, а помутнения стекловидного тела будут двигаться в противоположную сторону с большой амплитудой см.рис.3<sup>12</sup>

В клинической практике для исследования в проходящем свете используют зеркальный (см.рис.4<sup>13</sup>) или электрический (см.рис.5<sup>14</sup>) офтальмоскоп, работа с которым требует определённых условий (затемнённое помещение, дополнительные источники света и т.д.), наличие специальных навыков у персонала, а также не позволяет документировать полученные изображения.

## **2. Практическая часть**

### **2.1. Прибор для выявления нарушений прозрачности оптических сред глаза**

Предположим, что можно эффективно выявлять нарушения прозрачности оптических сред в условиях доврачебного осмотра, если использовать специально сконструированное устройство для их визуализации и регистрации. Для этих целей мы предлагаем разработать и сконструировать прибор (см.рис.6<sup>15</sup>), который будет прост в применении и нетребователен к условиям выполнения исследований. Устройство представляет из себя полую трубку на одном конце которой располагается собирающая линза, а на другом конце источник света (светодиод<sup>16</sup>) и система регистрации изображений (камера мобильного телефона).

### **2.2. Моделирование устройства для выявления нарушений прозрачности оптических сред глаза**

Придерживаясь принципов доступности и универсальности прототипа нашего устройства, мы остановили свой выбор на тех материалах компонентах, которые легко приобрести в розничной торговой сети.

1. ПВХ трубы различного диаметра
2. Манжеты для труб
3. Уплотнители для труб
4. Силиконовый клей
5. Чехол для мобильного телефона
6. Мобильный телефон с встроенной цифровой камерой
7. Светодиоды и резисторы
8. Соединительные провода
9. Блок питания (батарейный отсек для гальванических элементов АА)

Первый собранный нами прибор в качестве источника света содержал инфракрасные светодиоды, спектр излучения которых не воспринимается человеком, но фиксируется цифровыми камерами. Не смотря на очевидные преимущества (комфорт обследуемых), от этой конструкции пришлось отказаться, т.к. без дополнительной модернизации камеры (что не входило в наши планы) изображение получалось низкого качества. В представленной модели мы использовали четыре светодиода 5 мм белого света, что позволило получить качественные снимки. В дальнейшем мы планируем вернуться к использованию инфракрасной подсветки для чего будет использована специальная камера.

### **2.3. Алгоритм выполнения экспериментальной части**

1. Включим светодиод и создадим узконаправленный пучок света.
2. Приставим трубку к краям орбиты тем самым отсечём лишний источник света.
3. Направленное параллельно зрительной оси освещение светодиода позволит получить  
рефлекс с глазного дна, на фоне которого будут видны помутнения.
4. Движения глаза позволят оценить параллактическое смещение помутнений.
5. Цифровая камера мобильного телефона зафиксирует полученное изображение.
6. Далее изображение можно анализировать (в том числе сравнивать с предыдущими) или отправить для консультации специалисту.
7. Анализируем полученные изображения с помощью алгоритма.

### **2.4 Алгоритм анализа полученных данных в результате апробации и тестирования экспериментальной установки (см. Таблица 2)**

Для уточнения локализации помутнений оптических сред глаза человека предлагаем использовать следующий алгоритм.

1. Розовый рефлекс - оптические среды прозрачны помутнений нет.
2. Рефлекс ослаблен или отсутствует - помутнение оптических сред есть, локализация неизвестна.
3. На фоне розового рефлекса имеются затемнения, которые при движениях глаз сильно смещаются в ту же сторону - помутнение оптических сред есть, с большой вероятностью локализуется в роговице.
4. На фоне розового рефлекса имеются затемнения, которые при движениях глаз не смещаются или слабо смещаются - помутнение оптических сред есть, с большой вероятностью локализуется в хрусталике.

5. На фоне розового рефлекса имеются затемнения, которые при движении глаз смещаются в противоположную сторону и/или имеют определённую степень свободы движения (т.е. продолжают смещаться после остановки движения глаз) - помутнение оптических сред есть, с большой вероятностью локализуется в стекловидном теле.

### **III. Заключение**

Изучив специальную литературу по теме, разработав, сконструировав и применив на практике оптический прибор для скринингового обследования и динамического наблюдения заболеваний, нарушающих прозрачность оптических сред глаза, можем сделать следующие выводы:

1. В условиях доврачебного приёма представленный прибор позволяет выявлять и регистрировать нарушения прозрачности оптических сред.
2. Разработанный алгоритм анализа полученных данных позволяет определить расположение помутнений.

#### **3. Вывод:**

Вашему вниманию был представлен сконструированный доступный в использовании прибор для выявления заболеваний, нарушающих прозрачность оптических сред глаза. Разработаны методические рекомендации для работы с прибором и анализа результатов. Использование подобных устройств для скринингового обследования пациентов в процессе доврачебного осмотра позволит своевременно выявлять заболевания, нарушающие прозрачность оптических сред глаза, что способствует эффективному лечению и профилактике слепоты и слабовидения.

Разработка простого в использовании медицинского прибора для кабинетов доврачебного осмотра имеет практическую значимость и актуальность для нашего региона.



#### IV. Список литературы

1. Физика 8 кл. / Пёрышкин А.В // учебник для общеобразоват. учр. — М.: Дрофа, 2013, — 237 с.
2. Элементарный учебник физики / Ландсберг Г.С.// - М. Физматлит 2003г
3. Физика для всех / Ландау Л.Д.//М.: -Наука 1974
4. Вопросы и задачи по физике / Тарасов Л.В.// - М.: Высш. шк. 1990г
5. Зиновьева, Е. А. Роль сестринского персонала в организации диспансерного наблюдения за больными катарактой / Е. А. Зиновьева // Гл. мед. сестра. - 2011. - N 8. - С. 12-25.
6. Глазные болезни [Электронный ресурс]: учебник / Егоров Е. А., Епифанова Л. М. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. — URL: <http://www.rosmedlib.ru/book/ISBN9785970433218.html> (дата обращения 31.10.2017).
7. Рубан, Э. Д. Сестринское дело в офтальмологии: учебное пособие / Э. Д. Рубан, И. К. Гайнутдинов. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2015. - 352 с.: ил. - (Среднее медицинское образование). (Шифр 614.253.52(075) Р-82).
8. Кубраков, Д. Не довести до слепоты / Д. Кубраков // Сестр. дело. - 2013. - № 2. - С. 36-37. Мяжитова, А. И.
9. Качество жизни пожилых людей с диагнозом катаракты как критерий оценки амбулаторного лечения / А. И. Мяжитова, Н. В.Туркина // Мед. сестра. - 2014. - № 5. - С. 45-48.
10. Клиническое исследование глаза с помощью приборов / Волков В.В., Горбань А.И., Джалиашвили О.А. // Медицина - 334 стр. - 1971 г

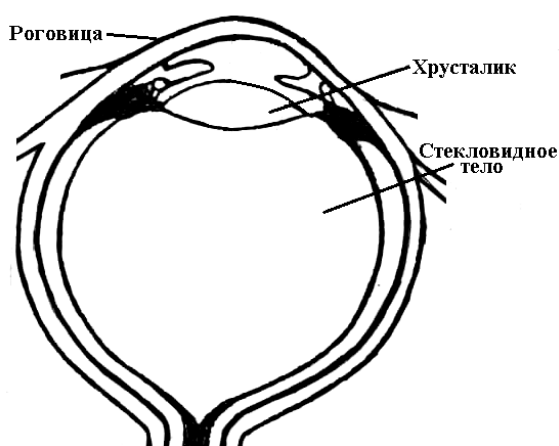
## V. Приложения

1. **Скринингом** называют медицинский осмотр здоровых людей любого возраста для выявления риска заболеваний

2. **Роговица** (роговая оболочка) — передняя наиболее выпуклая прозрачная часть глазного яблока, одна из светопреломляющих сред глаза.

**Хрусталик** — прозрачное тело, расположенное внутри глазного яблока позади зрачка; является биологической линзой, составляет важную часть светопреломляющего и светопроводящего аппарата.

**Стекловидное тело** — гелеподобное (студнеобразное) прозрачное вещество, заполняющее пространство между хрусталиком и сетчаткой в глазу.



3. **Катаракта** — это болезнь глаз, которая обусловлена полным или частичным помутнением вещества хрусталика, в результате чего происходит снижение остроты зрения вплоть до его полной потери.

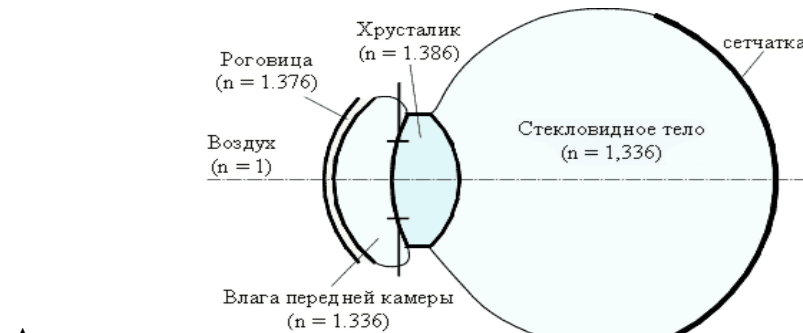
4. **Распространённость заболеваемости катарактой** составляет 3,5% по данным ВОЗ (Всемирная Организация Здравоохранения).

5. **Центрированная оптическая система** — это оптическая система, которая имеет ось симметрии (оптическую ось) и сохраняет все свои свойства при вращении вокруг этой оси.

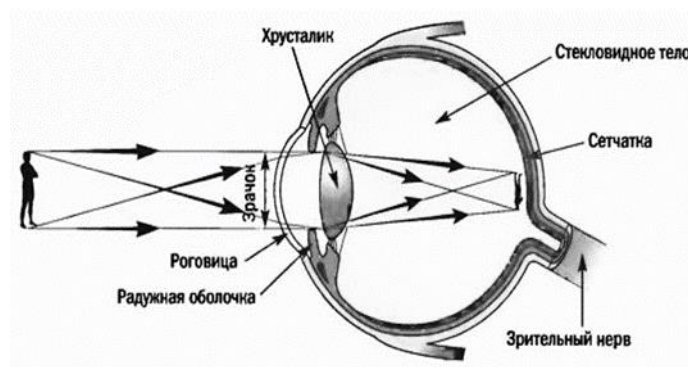
6. **Рефракция (преломление)** — изменение направления луча (волны), возникающее на границе двух сред, через которые этот луч проходит или в одной среде, но с меняющимися свойствами, в которой скорость распространения волны неодинакова. Рефракция света, в широком смысле  $\approx$  то же, что и преломление света, т. е. изменение направления световых лучей при изменении преломления показателя (ПП) среды, через которую эти лучи проходят. В силу исторической традиции термином «Р. света» чаще пользуются, характеризуя распространение оптического излучения в средах с плавно меняющимся от точки к точке ПП (траектории лучей света в таких средах  $\approx$

плавно искривляющиеся линии), а термином «преломление» чаще называется резкое изменение направления лучей на границе раздела двух однородных сред с разными ПП. В ряде разделов оптики традиционно используют именно термин «Р.». К ним относятся атмосферная оптика, очковая оптика, оптика глаза и т.д. Р. глаза  $\approx$  характеристика глаза как оптической системы; оптическая сила глаза при покое аккомодации. Основные преломляющие элементы  $\approx$  роговая оболочка и хрусталик, оптическая сила которых варьирует от 52,59 до 71,30 диоптрий, составляя в среднем 59,92 диоптрий.

#### 7. Глаз как оптическая система (рис.1 А, Б)

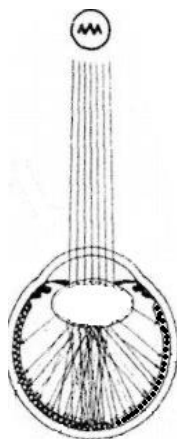


Б.

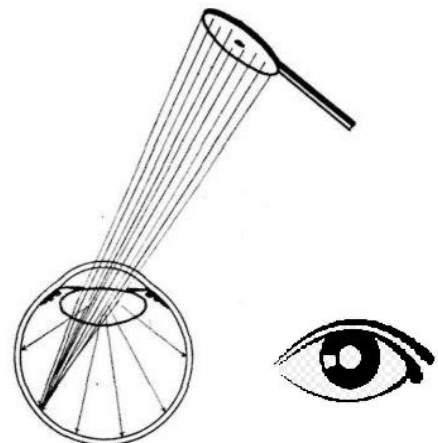


#### 8. Рефлекс глазного дна (рис.2 А, Б)

А.

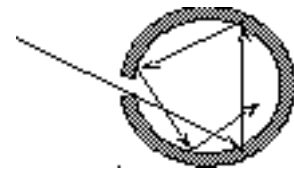


Б.

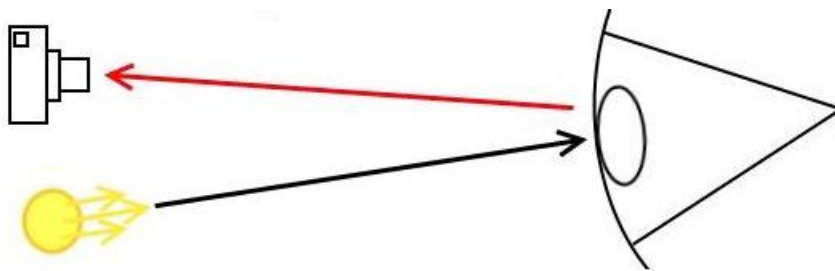


**9. Абсолютно чёрное тело** - Тело, коэффициент поглощения которого равен единице для всех частот, называют абсолютно чёрным. Оно поглощает всё падающее на него излучение. Абсолютно чёрное тело - это физическая абстракция. Таких тел в природе нет. Моделью абсолютно чёрного тела является маленькое отверстие в замкнутой непрозрачной полости. Луч, попавший в это отверстие, многократно отразившись от стенок, почти полностью будет поглощён. Поэтому при малом отверстии в большой полости луч не сумеет выйти, то есть полностью поглотится. Глубокая нора, раскрытое окно, не освещённое изнутри комнаты, колодец - примеры тел, приближающихся по характеристикам к абсолютно чёрным.

(рис.3 - модель абсолютно черного тела)



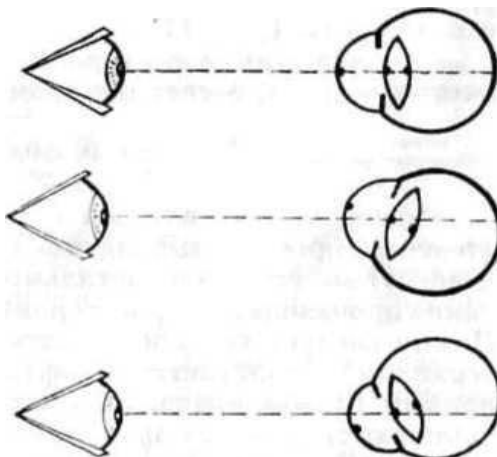
**10. Эффект красных глаз** — ложная окраска зрачков глаз человека и животных, которая образуется при фотографировании с использованием вспышки (рис.4)



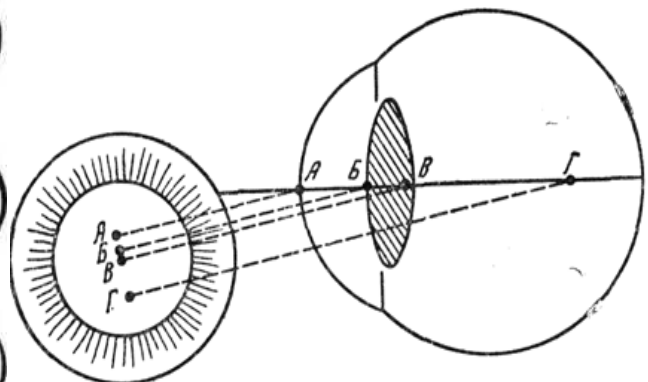
**11. Параллэкс** — изменение видимого положения объекта относительно удалённого фона в зависимости от положения наблюдателя.

**12. Параллактическое смещение помутнений, локализующихся в различных отделах глазного яблока** (рис.5 А, Б)

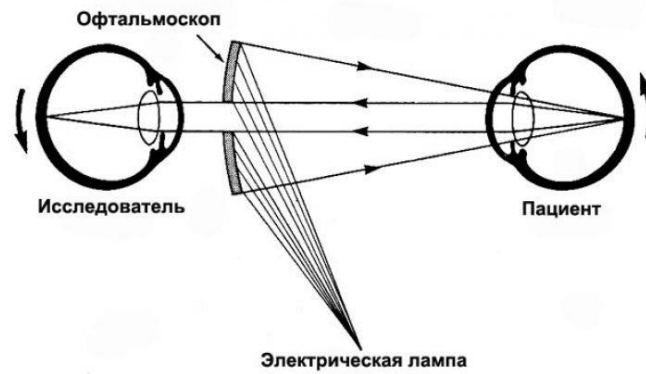
А.



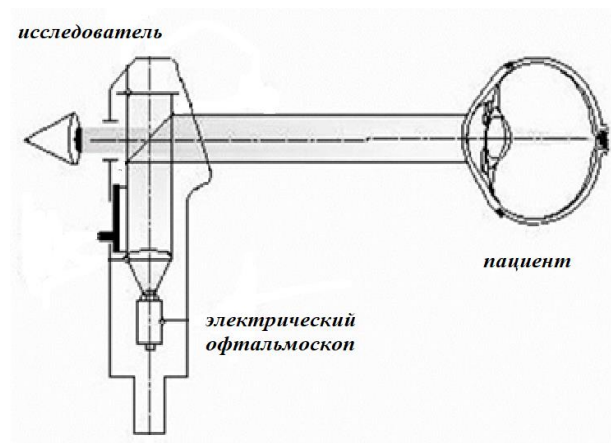
Б.



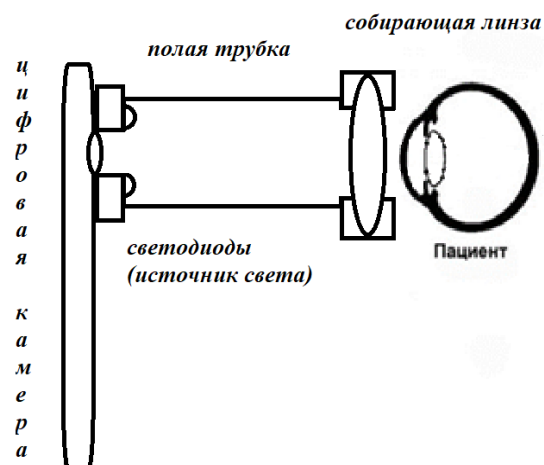
13. (рис.6 - зеркальный офтальмоскоп)



14. (рис.7 - электрический офтальмоскоп)



15. (рис.8 - предлагаемое устройство)




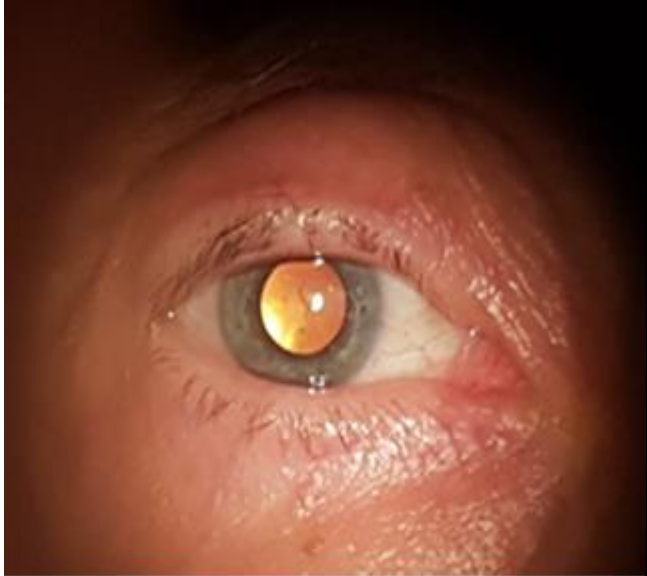
**16. Светодиод** используется как низкоэнергетический источник света, планируется использовать светодиоды 0 -1 группы фотобиологической опасности (таблица 1).

Таблица 1

<b>Группы риска</b>	<b>Обоснование</b>
Исключения	Фотобиологической опасности не представляет
I группа	Фотобиологической безопасности при допустимых нагрузках не представляет
2 группа	Не представляют опасности по причине отрицательной реакции на яркий свет и тепловой дискомфорт
3 группа	Опасны даже при мгновенном воздействии

17. Практическое использование устройства для выявления нарушений прозрачности оптических сред глаза

Таблица 2

Серый рефлекс	Розовый рефлекс
	
Паралактическое смещение	
