

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра медицинской физики

**ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ЗРЕНИЯ И АДАПТАЦИОННЫХ  
СВОЙСТВ ЗРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ  
ПОКАЗАТЕЛЯ ПРИЩУРИВАНИЯ И ДИАМЕТРА ЗРАЧКА**

**АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ**

Студента 4 курса 4021 группы

направления 03.03.02 «Физика»

профиль подготовки «Компьютерные технологии в медицинской физике»

институт физики

Перепросова Сергея Александровича



Научный руководитель:

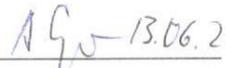
доцент, к.ф.-м.н.

  
13.06.2024  
подпись, дата

ОГЛ.  
А.П. Рытик

Зав. Кафедрой  
медицинской физики,

д.ф.-м.н., доцент

  
13.06.24  
подпись, дата

А.В. Скрипаль

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одной из главных проблем, стоящих перед современной офтальмологией, является прогрессирующее увеличение заболеваемости близорукостью [1]. Данную тенденцию многие исследователи связывают с изменяющимися условиями жизни в современном обществе, особенно с ростом компьютеризации, а также с неблагоприятной «зрительной» обстановкой — замкнутые пространства мегаполисов [2,3].

В связи с чем было рассмотрено исследование работоспособности аккомодационного аппарата глаза у миопов. Общий подход заключался в том, что пациенту предъявляют аккомодационный стимул и определяют максимальную амплитуду аккомодационного ответа. Это позволило объективно и быстро определить работоспособность аккомодационного аппарата глаза и целесообразность проведения тренировок [4,5].

**Целью** настоящей работы явилось исследование качества зрения и адаптационных свойств зрительной системы на основе оценки показателя прищуривания и диаметра зрачка.

**В задачи** исследования входило:

1. Выполнить критический анализ литературы, включая современные источники научной печати.
2. Определить состояние области исследований в части существующих методов, инструментария, методов.
3. Выполнить исследования на группе добровольцев.
4. Выполнить анализ экспериментальных данных, корреляцию, величин статистического разброса.
5. Предложить описание полученных данных и выполнить прогноз применимости используемого метода для исследования аккомодации.

**Структура и объём работы.** Бакалаврская работа состоит из введения, 3 разделов, заключения и списка используемых источников, включающего 38 наименования. Работа изложена на 58 листах машинописного текста, содержит 38 рисунков и 18 таблиц.

## **Материалы и методы**

### **Материалы исследования**

В исследовании принимали участие люди в возрасте от 20 до 43 лет, которые были разделены на три группы. В первую вошли испытуемые с изменением качества зрения от «0.2» до «0.4» диоптрий, то есть имели минимальное отклонение по шкале Сивцева, во вторую испытуемые с изменением качества зрения от «0.5» до «1», диоптрий, что означает отклонение, заключающееся в легкой степени дальнозоркости, при которой объект фокусируется за сетчаткой, в третью испытуемые с изменением качества зрения от «-2.5» до «-2» диоптрий, что указывает на легкую степень близорукости, заключающееся в дефекте рефракции глаза, при котором изображение фокусируется перед сетчаткой.

### **Методы исследования**

Исследование проводилось по следующей схеме: в первую очередь был опрос испытуемых о их зрении. Далее была подобрана оптимально эффективное освещение: красное, синие, зеленое, желтое [6,7,8].

С помощью установки, состоящей из видеокамеры iPhone 11, качество которой составляет 1080p, 30 кадр/с, и монитора 60,001 Гц, на котором был представлен видеоролик с таблицей Сивцева, где каждые 5 секунд менялось выделение буквы при разном фоне, штатива и кольцевой лампой RGB LED MJ33, было проведено получение данных реакции глаза при стандартных зрительных нагрузках.

Далее с помощью программ, написанных на языке программирования Python, были произведены обработки полученных данных. Для анализа изменений площади прищура в процессе эксперимента загружали снятый видеоролик в программу №1, изменений диаметра зрачка в программу №2. После обработки получили файлы в формате «txt», в которых содержались изменения площади прищура и диаметра зрачка в числовых значениях.

Так же была использована программа №3 для построения графиков на основе полученных данных, содержащихся в «txt» файлах. Анализ графиков проводился с помощью программы №4, где проводился расчет коэффициентов корреляции и построение интерполирующих графиков. Последним шагом было построение средних интерполирующих графиков, расчет коэффициентов корреляции, построение и анализ доверительных интервалов в программе №5.

## Результаты исследований

*Группа 1.* Испытуемые №1 и №2 имеют зрение «0.2» и «0.4» диоптрий, то есть минимальное отклонение по шкале Сивцева. В ходе исследований испытуемые не имели трудностей с фокусировкой, что подтверждается данными окулографии.

*Группа 2.* Испытуемые №3, №4, №5 имеют зрения «1», «0.5», «0.8» диоптрий, это означает отклонение, заключающееся в легкой степени дальнозоркости при которой объект, фокусируется за сетчаткой рис.14 [9]. В ходе исследований испытуемые имели трудности с фокусировкой, что подтверждается данными окулографии.

*Группа 3.* Испытуемые №6, №7 имеют зрения «-2.5», «-2.5», диоптрий, что означает легкую степень близорукости, которая заключается в дефекте рефракции глаза, при котором изображение фокусируется перед сетчаткой, что приводит к трудности видеть удаленные объекты рис.27 [9]. В ходе исследований испытуемые имели трудности с фокусировкой, что подтверждается данными окулографии.

С помощью кодов (№1, №2) получили зависимости площади прищуря и диаметра зрачка от кадра для всех испытуемых. Далее была проведена корреляция и интерполяция полученных данных используя программу №3.

Для детального анализа полученных данных объединили результаты, полученные при синем освещении, так как при нем прослеживалась наибольшее отклонение и резкое изменение поведения оптической системы испытуемых. Построили средние интерполирующие графики зависимостей площади прищуря рис.1 и диаметра зрачка рис.3 от кадра для каждого случая, где первая кривая соответствовала испытуемым №1, №2, вторая №3, №4, №5 и третья №6, №7, также провели корреляцию кривых табл.1, табл.3.

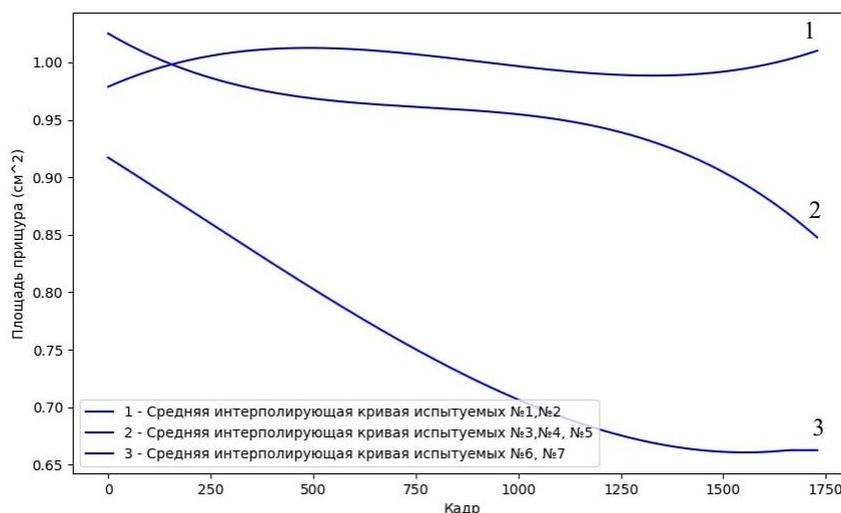


Рисунок 1. Интерполяция зависимости площади прищра от кадра всех испытуемых

Сравнение кривых	1-2	1-3	2-3
Коэффициент корреляции	0.13	0.32	0.86

Таблица 1. Коэффициенты корреляции зависимости площади прищра от кадра

По полученным коэффициентам корреляции табл.2 можно проанализировать связь кривых:

- между кривой один и два слабая положительная линейная зависимость;
- между кривой один и три более высокая положительная линейная зависимость;
- между кривой два и три самая сильная положительная линейная зависимость.

Проанализировав интерполяцию зависимости площади прищра от кадра всех испытуемых рис.1, можно сказать, что испытуемые №1, №2 не испытывали трудностей с фокусировкой и адаптационные механизмы зрительной системы работали в минимальном режиме, так как площадь

прищур оставалась неизменной. У испытуемых №3, №4, №5 начиная с кадра «1000» начинается спад из-за недостатка зрительной информации из-за чего аккомодационный аппарат напрягается и способствует фокусировке. Испытуемые №6, №7 испытывают трудности начиная с «100» кадра, это может говорить о дефекте зрительной системы, так как при стандартной зрительной нагрузке адаптационные механизмы зрительной системы не способны самостоятельно сфокусироваться на объекте.

Для статистического анализа зависимости площади прищур рис. 1, построили доверительный интервал, который позволяет оценить точность измерений рис.2, табл.2.

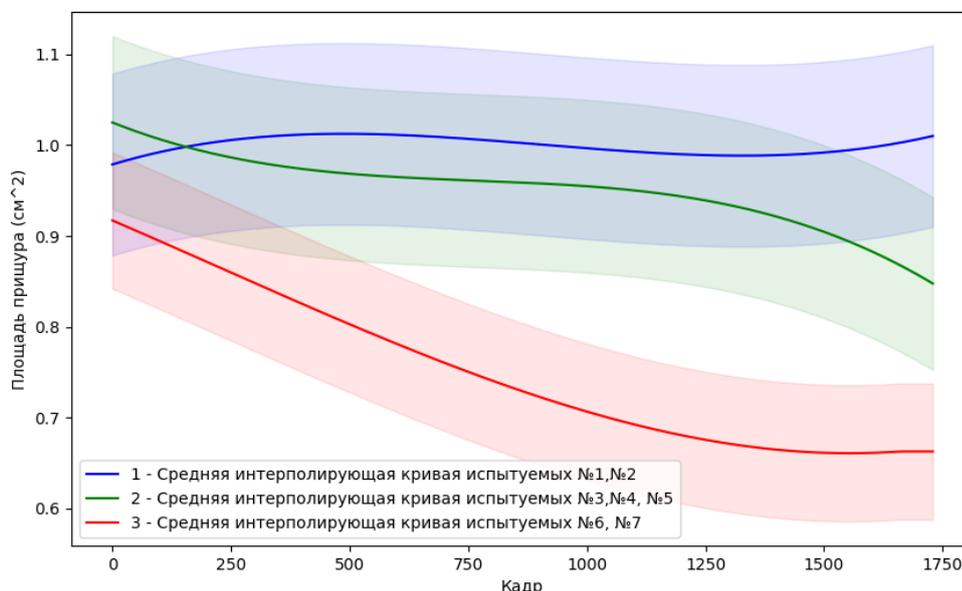


Рисунок 2. Доверительный интервал площади прищур

Средняя ширина (кривая №1)	0.2
Средняя ширина (кривая №2)	0.19
Средняя ширина (кривая №3)	0.15

Таблица 2. Средняя ширина доверительных интервалов площади прищур

Проанализируем ширину доверительных интервалов площади прищур табл. 2 для каждой кривой:

- кривая №1 для испытуемых №1 и №2 имеет наибольшую среднюю ширину доверительного интервала, это говорит о вариабельности данных и относительно не высокой точности измерений;

- кривая №2 для испытуемых №3, №4, №5 имеет среднюю ширину доверительного интервала, это говорит о меньшей вариабельности и более точном измерение данных;

- кривая №3 для испытуемых №6 и №7 имеет наименьшую ширину доверительного интервала, это говорит о более стабильном и точном измерение данных.

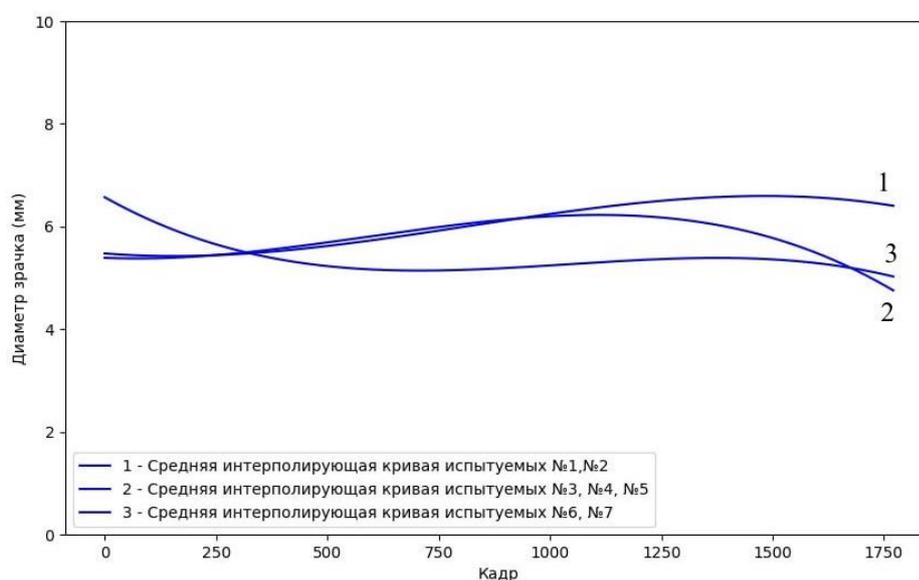


Рисунок 3. Интерполяция зависимости диаметра зрачка от кадра всех испытуемых

Сравнение кривых	1-2	1-3	2-3
Коэффициент корреляции	0.36	-0.37	-0.49

Таблица 3. Коэффициенты корреляции зависимости диаметра зрачка от кадра

Как и в предыдущем случаи проанализируем связь кривых табл.3 зависимости диаметра зрачка от кадра всех испытуемых:

- между кривой один и два слабая линейная зависимость;
- между кривой один и три отрицательная линейная зависимость;
- между кривой два и три более высокая отрицательная линейная зависимость.

Анализируя интерполяцию зависимости диаметра зрачка от кадра всех испытуемых рис.2, можно отметить, что у испытуемых №1, №2 диаметр зрачка постепенно увеличивался, это свидетельствует большему пропусканию световых лучей из-за недостатка зрительной информации. Это является правильной физиологической реакцией оптической системы глаза, которая регулируется вегетативной нервной системой при низком освещении и контрастности объекта [10]. При таких же зрительных нагрузках реакции зрачка испытуемых №3, №4, №5 отличается, начиная с «1300» кадра идет сужение, обусловленное интенсивной работой аккомодационного аппарата и прищуром. Данная реакция оптической системы, может говорить о развивающейся патологии оптической системы, которая может привести к таким дефектам как: близорукость; дальнозоркость. Диаметр зрачка испытуемых №6, №7 начиная с «450» кадра остается неизменной, это говорит о неспособности адаптационных механизмов зрительной системы сфокусироваться на объекте и проецировать его на сетчатке. Данная зависимость обусловлена уже развившейся патологией «дальнозоркостью», при которой испытуемые не смогли сфокусироваться на букве ниже 4 ряда.

Так же для данного случая построили доверительный интервал для статистического анализа рис.4 и табл.4.

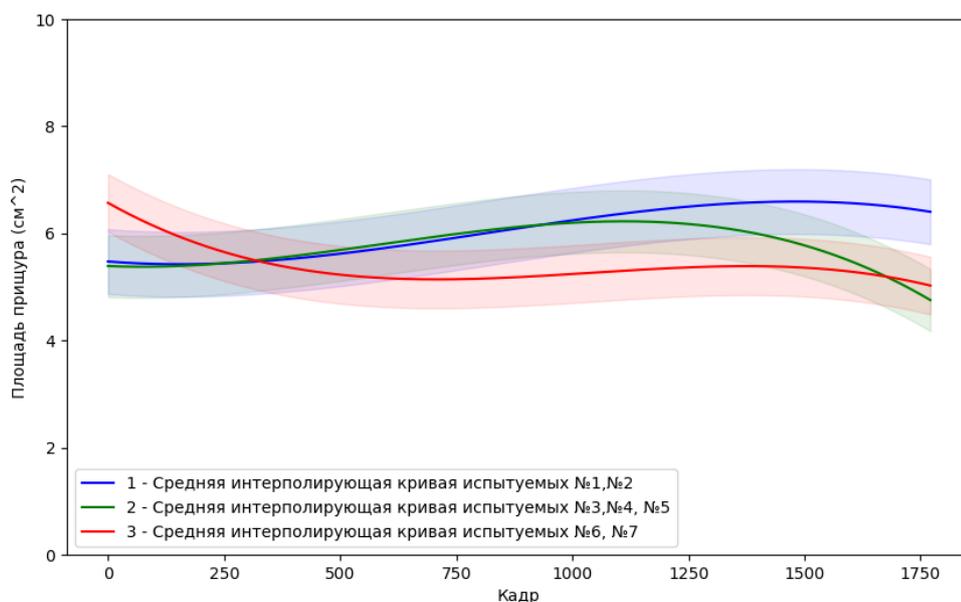


Рисунок 4. Доверительный интервал диаметра зрачка

Средняя ширина (кривая №1)	0.2
Средняя ширина (кривая №2)	0.19
Средняя ширина (кривая №3)	0.15

Таблица 4. Средняя ширина доверительных интервалов диаметра зрачка

Проанализируем ширину доверительных интервалов диаметра зрачка табл.4 для каждой кривой:

- кривая №1 для испытуемых №1 и №2 имеет наибольшую среднюю ширину доверительного интервала, это говорит о вариабельности данных и относительно невысокой точности измерений;

- кривая №2 для испытуемых №3, №4, №5 имеет среднюю ширину доверительного интервала, это говорит о меньшей вариабельности и более точным измерением данных;

- кривая №3 для испытуемых №6 и №7 имеет наименьшую ширину доверительного интервала, это говорит о более стабильном и точном измерение данных.

## ВЫВОДЫ

Был выполнен обзор актуальной литературы, включающей исследования аккомодационного аппарата и влияния цветного фона и освещения на остроту зрения включающие аспекты, которые позволяют понять факторы и механизмы аккомодации, влияющие на зрительное восприятие. Так же были изучены методы профилактики и прогнозирования нарушений зрительной системы, основанные на машинном обучении с помощью актуальной литературы. Основываясь на этом, мы реализовали наш метод.

Для получение данных были отобраны добровольцы, которых разделили на три группы в зависимости от поставленного диагноза. С помощью разработанного метода, основанного на машинном обучении, провели оценки показателей прищуривания и диаметра зрачка. Проанализировав полученные экспериментальные данные выяснили, что площадь прищура потенциально может являться индикатором включения адаптационных механизмов зрительной системы и многое говорить о зрении человека. Так же с помощью отслеживания изменения диаметра зрачка можно оценить состояние зрительной системы и работоспособность аккомодационного аппарата глаз, тем самым диагностировать различные дефекты зрительной системы. Для определения уровня надежности полученных данных провели статистический анализ, с помощью доверительного интервала, которое дает нам понимание о степени надежности данных различных групп.

Данные полученные в ходе работы могут быть использованы для офтальмологической отрасли с целью отслеживания и прогнозирования дефектов зрительной системы. В дальнейшем написанные программы можно автоматизировать и создать приложения для медицинской практики.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Approaches to assessment of life quality of ophthalmologic patients / E. S. Liebman [et al.] / Clinical ophthalmology. — 2002. — V. 3, № 3. — P. 119 – 121.
2. Патент № 2154974 Российская Федерация. Способ определения работоспособности аккомодационного аппарата глаза у миопов / В. М. Шелудченко, М. Г. Колотов – Заявка № 97118862/14 от 21.11.1997; опублик. 27.08.2000, Бюл. № 13.
3. Пат. 2332968 Российская Федерация. Способ профилактики и лечения приобретенной близорукости / А. В. Корепанов, Г. Е. Кузнецова, Д. И. Старикова – Заявка № 2006138520/14 от 31.10.2006; опублик. 10.09.2008, Бюл. № 24.
4. Пат. 2271781 Российская Федерация. Способ профилактики и лечения начальной миопии и спазма аккомодации у детей / Е. П. Тарутта, Н. В. Ходжабемян – Заявка № 2004110020/14 от 05.04.2004; опублик. 20.03.2006, Бюл. № 51.
5. Пат. 2262364 Российская Федерация. Способ лечения спазма аккомодации у детей / И. П. Шурыгина, М. Д. Пономарева – Заявка № 2004132631/14 от 09.11.2004; опублик. 20.10.2005, Бюл. № 29.
6. Бугров, В. Е. Оптоэлектроника светодиодов: учебное пособие / В. Е. Бугров, К. А. Виноградова – СПб: Изд-во НИУ ИТМО, 2013 – 174 с.
7. Лозовик, П. А. Определение прозрачности, цветности и мутности воды по интегральной интенсивности поглощения света в видимой области спектра / П. А. Лозовик // Географическая среда и живые системы. – 2013. – Т. 4. – С. 59 – 66.
8. Суяров, К. Т. Физика в офтальмологических исследованиях / К. Т. Суяров, Н. Р. Абдулхаликова, А. А. Исраилов // Экономика и социум. – 2022. – Т. 94, № 3. – С. 1211 – 1216.
9. Дубровская, С. В. 100%-ное зрение. Лечение, восстановление, профилактика: лечение, восстановление, профилактика / С. В. Дубровская. – М.: Рипол-классик, 2009. – 192 с.

10. Янковская, А. П. Близорукость / А. П. Янковская, В. В. Савчук // Вестник научного общества студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2017. – Т. 4. – С. 108 – 112.