Министерство образования и науки Российской Федерации ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г.ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра медицинской физики

«ИССЛЕДОВАНИЕ КОРНЕАЛЬНОГО ГИСТЕРЕЗИСА НА МОДЕЛИ ГЛАЗНОГО ЯБЛОКА С ПОМОЩЬЮ ПОЛУПРОВОДНИКОВОГО ЛАЗЕРНОГО АВТОДИНА»

АВТОРЕФЕРАТ МАГИСТЕРСКОЙРАБОТЫ

Студента(ки) 2 курса 205 группы направления 03.04.02 «Физика», профиль подготовки «Медицинская физика»

факультета нано- и биомедицинских технологий

Климова Артема Александровича

Научный руководитель доцент, к.ф.-м.н.

<u>09.06.2017</u> С.Ю. Добдин

Зав. кафедрой профессор, д.ф.-м.н.

<u>АЕ</u> <u>9.06.17</u> А.В.Скрипаль

Саратов 2017 г.

Введение. Исследование механических свойств тел, имеющих сферическую форму оболочки, относится к общим задачам теории оболочек. Чаще всего такие задачи рассматриваются лишь в теории и могут быть рассчитаны с помощью численных методов обработки. Чтобы решить такого необходимо максимально Для рода задачи ИХ упростить. оценки применимости данные упрощения необходимо сравнить с экспериментом. На день актуальным примером сферической оболочки, сегодняшний заполненной жидкостью и изменяющей свою форму под действием приложенной нагрузки, биомеханические свойства которой необходимо знать, является глазное яблоко. Определив реакцию глаза на механическую нагрузку можно судить об упругих свойствах глазного яблока. Наиболее распространенными в медицинских исследованиях являются контактные методы. Данные методы являются более точными методами для измерения упругих сред, но тонометры прошлого поколения имеют большой недостаток по сравнению с современными методами. На результаты измерения офтальмологических показателей всеми видами тонометров, откалиброванных по эталонному тонометру Гольдмана, оказывают влияние ригидность, степень гидратации, толщина и кривизна роговицы. Гольдман создавал свой тонометр для точного измерения ВГД на глазах с усредненным показателем толщины роговицы. Однако во многих случаях показатели состояния роговицы значительно отличаются от средних. Анализ данных ряда исследований привел к убеждению, что коррекция значений ВГД на основании данных толщины роговицы может привести к ошибочному определению не только величины, но и направления коррекции.

Именно по этой причине возникла необходимость в разработке нового метода оценки биомеханических свойств роговицы и измерения ВГД, проводимого с учетом индивидуальных свойств роговичной ткани, с применением лазерного автодина и методов компьютерной обработки.

Цель работы: определить биомеханические свойства оболочки модели глазного яблока, характеризующие корнеальный гистерезис, с помощью полупроводникового лазерного автодина.

Для достижения заданной цели были поставлены следующие задачи:

1) Провести критический анализ методов определения показателей корнеального гистерезиса глазного яблока;

2) Разработать метод регистрации и анализа биомеханических свойств оболочки модели глазного яблока, характеризующих корнеальный гистерезис;

3) Провести экспериментальные исследования по определению биомеханических свойств оболочки яблока, модели глазного характеризующих корнеальный гистерезис, при помощи полупроводникового лазерного автодина.

Новизна исследований, проведенных в ходе выполнения выпускной квалификационной работы, состоит в следующем:

1. Разработана методика для проведения регистрации параметров движения тестового объекта с помощью полупроводникового лазерного автодина.

2. Разработана методика для проведения вычисления и анализа параметров движения, характеризующих корнеальный гистерезис.

3. Проведено тестирование разработанных методик на модели глазного яблока, в качестве которой был использован резиновый шарик, заполненный несжимаемой жидкостью.

Выпускная квалификационная работа состоит из введения, содержания, 5 глав, заключения и списка литературы. В 5 главе приведено описание методики и экспериментальной установки, представлены результаты исследований, проведенных на модели глазного яблока. Содержание работы. <u>Во введении</u> приведена актуальность темы исследований, сформулирована цель выпускной квалификационной работы и задачи, необходимые для ее достижения.

<u>В первом разделе</u> определено понятие корнеального гистерезиса, произведен критический анализ существующих методов регистрации корнеального гистерезиса.

<u>Во втором разделе</u> описано устройство полупроводникового лазерного автодина, приведены существующие методы автодинной регистрации, а также показаны возможности применения автодина для измерения параметров движения биологических объектов.

<u>В третьем разделе</u> описано компьютерное моделирование корнеального гистерезиса с помощью математического пакета Mathcad 14, разработан метод обработки автодинного сигнала и вычисление параметров движения.

<u>В четвертом разделе</u> описано моделирование корнельного гистерезиса объекта на пьезокерамическом элементе. А также описан процесс регистрации колебаний с помощью лазерного автодина и вычисление параметров движения модели с помощью разработанной методики.

<u>В пятом разделе</u> подробно рассмотрена экспериментальная установка для регистрации параметров движения оболочки. Описан метод регистрации и вычисления параметров движения оболочки модели глазного яблока, характеризующих корнеальный гистерезис. Также приведены результаты исследований по определению параметров движения оболочки модели.

На основании проделанных ранее работ по регистрации корнеального гистререзиса было проведено компьютерное моделирование сигнала, получаемого с лазерного автодина при регистрации корнеального гистерезиса (рис. 1).



Рисунок 1 - Моделирование сигнала лазерного автодина.

Процесс моделирования производился в математическом пакете Mathcad 14. Весь сигнал описывался с помощью математических функций и приводился к удобному для анализа виду. Одной из главных задач моделирования было воспроизведение наиболее точного вида автодинного сигнала для получения наиболее достоверных результатов.

После процесса моделирования проводился разбиение сигнала на участки и определение максимумов автодинного сигнала на каждом из них (рисунок 2).



Рисунок 2 – Определение максимумов сигнала

Это необходимо для того, чтобы вычислить время движения на каждом выбранном участке. Зная время и расстояние можно вычислить скорость на каждом участке (рисунок 3).



Рисунок 3 – Изменение скоростей на разных участках

Далее разработанную методику необходимо протестировать на модели. В качестве модели, колебания которой можно задать самостоятельно использовался пьезокерамический элемент. На него подавалось напряжение, заставляя элемент совершать колебания с заданной частотой и амплитудой. Данные колебания регистрируются с помощью лазерного автодина и сохраняются в память компьютера для дальнейшей обработки.

Зарегистрированный сигнал также необходимо разделить на участки, как показано на рисунке 4.



Рисунок 4 – Выделение областей, необходимых для вычисления параметров движения объекта

После производиться избавление от высокочастотной составляющей с помощью встроенных функций. В дальнейшем применяется разработанная ранее методика для вычисления параметров движения, которая применялась при компьютерном моделировании: определяются максимумы, вычисляется расстояние между двумя соседними максимумами, которое соответствует времени движения объекта (рисунок 5).



Рисунок 5 – Определение максимумов интерференционного сигнала

Зная время и расстояние определяется скорость движения на каждом участке. В результате анализа зарегистрированного автодинного сигнала были получены параметры движения показанные в таблице 1.

Mo	Частота	Амплитуда			
л <u>⊍</u> эксп- та	колебаний	колебаний	Vмакс в прямом	Vмакс в обратном	
	тестового	тестового	направлении, м/с	направлении, м/с	
	объекта, Гц	объекта, мкм			
1	50	2,62	2,096*10 ⁻⁵	2,151*10 ⁻⁵	
2	100	2,62	4,139*10 ⁻⁵	4,303*10 ⁻⁵	
3	25	4,25	2,181*10 ⁻⁵	2,237*10 ⁻⁵	
4	50	4,25	3,593*10 ⁻⁵	3,674*10 ⁻⁵	
5	100	4,25	7,432*10 ⁻⁵	7,571*10 ⁻⁵	

Табл. 1. Результаты измерений параметров движения тестового объекта

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод о том, что данный метод применим для регистрации и вычисления параметров движения тестового объекта, в качестве которого был использован пьезокерамический элемент

Экспериментальные исследования. На кафедре медицинской физики был разработан измерительный комплекс для регистрации параметров движения оболочки модели глазного яблока под действием воздушной струи.

Экспериментальная установка состоит из нескольких блоков: регистрирующий блок (состоит из полупроводникового лазерного автодина,

комплекса NI ELVIS), компрессорная установка, программновычислительный блок. Схема аппаратного комплекса приведена на рисунке6.



Рисунок 6 – Схема аппаратного комплекса

Излучение полупроводникового лазера (1), питаемого от стабилизированного источника тока (2), направляется на поверхность модели (3). В качестве модели глазного яблока был использован резиновый шарик, заполненный несжимающейся жидкостью. Диаметр шарика составляет 24 мм, что аналогично среднестатистическому диаметру глаза человека При воздействии пневмоимпульса данная конструкция не допускает растяжения и деформации модели в других плоскостях Тестовый объект был расположен на расстоянии 5 см от лазерного автодина.

Воздушные импульсы от пневматической системы (4), по гибкому шлангу (5) направляются на освещаемую лазером поверхность модели. Часть излучения, отражённого ОТ объекта, возвращается В резонатор полупроводникового лазера, изменение выходной мощности которого регистрируется встроенным фотодетектором. Сигнал с фотодетектора поступает через усилитель (6), находящийся на макетной плате NI ELVIS (7), на аналого-цифровой преобразователь (8). Цифровой сигнал с аналогоцифрового преобразователя для последующей обработки сохраняется в памяти компьютера (9). После регистрации колебаний полупроводниковым лазерным автодином полученный сигнал сохраняется в памяти компьютера для дальнейшей обработки. Обработка сохраненного сигнала осуществляется с помощью разработанного ранее в программной среде Mathcad алгоритма вычисления параметров движения (рисунок 7).



Рисунок 7 - Зарегистрированный автодинный сигнал

Аналогично предыдущим измерениям зарегистрированный автодинный сигнал необходимо разделить на участки, параметры движения которых целесообразно исследовать. Далее необходимо провести сглаживание зарегистрированного сигнала (рисунок 8).



Рисунок 8 – Разделение (а) и сглаживание (б) зарегистрированного сигнала

В дальнейшем необходимо определить максимумы и скорости движения на каждом выделенном участке автодинного сигнала (рисунок 9).



Рисунок 9- Поле скоростей выделенных участков

В результате проведенных исследований были определены максимальные скорости движения на различных участках автодинного сигнала, а также определены расстояния отклонения оболочки от положения равновесия.

В таблице 2 представлены результаты анализа зарегистрированного автодинного сигнала, полученного на модели глазного яблока.

Табл.2. Результаты анализа зарегистрированного автодинного сигнала, полученного на модели глазного яблока

N⁰	Vmax на 1-ом	Расстоя-	Vmax на 2-ом	Расстоя-	Vmax на 2-ом	Расстоя-
эксп-	участке, м/с	ние, мкм	участке, м/с	ние, мкм	участке, м/с	ние, мкм
та						
1	1.363*10 ⁻⁴	9,5	7.976*10 ⁻⁵	4,3	3.028*10 ⁻⁵	1,3
2	1.429*10 ⁻⁴	9,8	8.127*10 ⁻⁵	4,7	3.952*10 ⁻⁵	1,5
3	1.102*10 ⁻⁴	9,3	7.273*10 ⁻⁵	3,9	2.897*10 ⁻⁵	1
4	1.549*10 ⁻⁴	10,1	8.206*10 ⁻⁵	5	4.075*10 ⁻⁵	1,8
5	1.302*10 ⁻⁴	9,4	7.709*10 ⁻⁵	4,2	3.003*10 ⁻⁵	1,2

Заключение. В результате выполнения работы была установлена взаимосвязь показателя корнеального гистерезиса и параметров движения оболочки модели глазного яблока.

Для достижения данной цели были выполнены следующие задачи:

1) Проведен критический анализ методов определения показателей корнеального гистерезиса глазного яблока;

2) Разработан метод регистрации и анализа биомеханических свойств оболочки модели глазного яблока, характеризующих корнеальный гистерезис;

 Проведены экспериментальные исследования по определению биомеханических свойств оболочки модели глазного яблока, характеризующих корнеальный гистерезис.

Были проведены экспериментальные исследования на модели глазного яблока. Была определена максимальная скорость на каждом выделенном участке движения. Значение максимальной скорости на первом участке равно 1.363*10⁻⁴ м/с, на втором участке - 7.976*10⁻⁵ м/с, на третьем участке максимальная скорость составила 3.028*10⁻⁵ м/с. Можно сделать вывод, что колебания оболочки модели глазного яблока с течением времени затухают.

В данной работе на модели глазного яблока удалось показать возможность регистрации параметров движения, которые могут характеризовать изменение корнеального гистерезиса, но не удалось показать изменение этого параметра, т.к. резиновый шарик не обладает вязкоэластичными свойствами присущими биологическому объекту.

Полученные результаты позволяют сделать вывод, что данная методика может быть использована при исследовании показателя корнеального гистерезиса с помощью полупроводникового лазерного автодина.

9.06.2017. h.