

Минобрнауки России
Юго-Западный государственный университет

Кафедра _____ биомедицинской инженерии

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ
РАБОТА ПО ПРОГРАММЕ
БАКАЛАВРИАТА**

_____ 12.03.04 Биотехнические системы и
технологии,

(код, наименование ОП ВО: направление подготовки, направленность (профиль))

_____ профиль «Биотехнические и медицинские аппараты и
системы»

_____ Электронный офтальмологический
инстиллятор

(название темы)

_____ Дипломный проект

(вид ВКР: дипломная работа или дипломный проект)

Автор ВКР _____

Новиков

_____ Д.А.

(подпись, дата)

(инициалы, фамилия)

Группа _____ БМ-516

Руководитель ВКР _____

_____ А.А. Кузьмин

(подпись, дата)

(инициалы, фамилия)

Нормоконтроль _____

Шаталова

_____ О.В.

(подпись, дата)

(инициалы, фамилия)

ВКР допущена к защите:

Заведующий кафедрой _____ Н.А.
Кореневский (подпись, дата)
(инициалы, фамилия)

Курск 2019 г.

Минобрнауки России
Юго-Западный государственный университет

Кафедра _____ биомедицинской инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий кафедрой

(подпись, инициалы, фамилия)

« ____ » _____ 20__ г.

**ЗАДАНИЕ НА ВЫПУСКНУЮ
КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ ПО
ПРОГРАММЕ БАКАЛАВРИАТА**

Студент _____ Новиков Д.А. _____ шифр 15-06-0009
группа БМ-516

(фамилия, инициалы)

1. Тема Электронный офтальмологический инстиллятор
утверждена приказом ректора ЮЗГУ от « ____ » _____ 20__
г. № _____

2. Срок представления работы к защите « ____ » _____ 20__
г.

3. Исходные данные (для проектирования, для научного исследования):

_____ задание руководителя

4. Содержание работы (по разделам):

4.1. Обозначения и сокращения

4.2. Введение

4.3. Анализ проблемы инстилляции глазных капель, при различных офтальмологических заболеваниях

4.4. Разработка медико-технических требований к электронному офтальмологическому инстиллятору

4.5. Обоснование структурной схемы устройства

4.6. Выбор элементной базы

4.7. Расчет и моделирование элементов в САПР

4.8. Заключение

4.9. Список использованных источников

5. Перечень графического материала:

Плакат 1 - Схема электрическая структурная

Плакат 2 - Схема электрическая принципиальная

Плакат 3 - Алгоритм работы прибора

Плакат 4 - Рисунок датчика

Руководитель работы (проекта) _____ А.А.

Кузьмин _____ (подпись, дата)
(инициалы, фамилия)

Задание принял к исполнению _____ Д.А.

Новиков _____ (инициалы,
(подпись, дата) фамилия)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа изложена на 88 страницах, включает в себя 5 разделов, введение и заключение, 23 рисунка, 2 формулы и 52 литературных источников.

Перечень графического материала: Плакат 1 - Схема электрическая структурная, Плакат 2 - Схема электрическая принципиальная, Плакат 3 - Алгоритм работы прибора, Плакат 4 - Рисунок датчика.

Ключевые слова: синдром сухого глаза, инстилляция, глаукома, электрическая проницаемость, система автоматизированного проектирования.

Объект исследования - мониторинг влажности глаз, и своевременная, с точной дозировкой инстилляцией глазных капель.

Целью работы является разработка устройства, позволяющего подавать по мере необходимости и с точной дозировкой лекарства к глазу.

Основными задачами данной выпускной квалификационной работы являются:

1. Анализ проблемы, изучение рынка решений и изучение литературы по выбранной проблематике;

2. Подбор метода решения рассматриваемой проблемы, а также изучение технических аспектов предметной области;

3. Проектирование предложенного технического решения;

4. Расчет и моделирование необходимых элементов схемы.

Область применения: разрабатываемый прибор предназначен для своевременной и точной дозировки препаратов в глаз, для лечения и профилактики различных офтальмологических заболеваний, с возможностью передачи данных на различные устройства.

ABSTRACT

The final qualifying work is presented on 88 pages, includes 5 sections, an introduction and a conclusion, 23 figures, 2 formulas and 52 literary sources.

The list of graphic material: Poster 1 - Electrical structural diagram, Poster 2 - Electrical schematic diagram, Poster 3 - Algorithm of the instrument, Poster 4 - Image of the sensor.

Key words: dry eye syndrome, instillation, glaucoma, electrical permeability, computer aided design.

The object of study is monitoring of eye moisture, and timely, with accurate dosage, instillation of eye drops.

The aim of the work is to develop a device that allows you to apply as needed and with the exact dosage of the medicine to the eye.

The main objectives of this final qualifying work are:

1. Problem analysis, market research solutions and the study of literature on selected issues;
2. Selection of a method for solving the problem under consideration, as well as studying the technical aspects of the subject area;
3. Designing the proposed technical solution;
4. Calculation and modeling of the necessary elements of the scheme.

Scope: the developed device is designed for timely and accurate dosage of drugs in the eye, for the treatment and prevention of various ophthalmic diseases, with the ability to transfer data to various devices.

39

3 ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

4 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

4.1 Датчик и ИОН

4.2 ФНЧ и предусилитель

4.3 Микроконтроллер

4.4 Насос

4.5 Блок питания

4.6 Модуль цифровой радиосвязи

ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ

6

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дат
Разраб.	Новиков			
Пров.	Кузьмин			
Т.контр				
Н.контр	Шаталова			
Утв.	Корневск	Солошенк		

Электронный
офтальмологический
инстиллятор

Пояснительная записка

Лит.	Лист	Листов
У	5	88
ЮЗГУ - БМ516		

5 РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В САПР

6

7

5.1 Основные принципы использования САПР

6

7

5.2 Система автоматизированного проектирования

P

r

ot

e

u

s

7

6

5.3 Расчет и моделирование элементов

7

8

Индв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Индв.№ губл.	Подп.и дата
-------------	--------------	------------	--------------	-------------

ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ

Изм	Лис.	№ докум.	Подп.	Дат
Разраб.		Новиков		
Пров.		Кузьмин		
Т.контр				
Н.контр		Шаталова		
Утв.		Корневск	Солошенк	

Электронный
офтальмологический
инстиллятор

Пояснительная записка

Лит.	Лист	Листов
У	5	88
ЮЗГУ - БМ516		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

			8
			2
СПИСОК	ИСПОЛЬЗОВАННЫХ	ИСТОЧНИКОВ	8
			3

На отдельных листах:

Плакат 1 - Схема электрическая структурная;

Плакат 2 - Схема электрическая принципиальная;

Плакат 3 - Алгоритм работы устройства;

Плакат 4 - Рисунок датчика.

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					Лист
									6
					Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата

CADD - Computer-aided design and drafting;
 CAD TP - Computer-aided design technology platform;
 CAE - Computer-aided engineering;
 CAGD - Computer-aided geometric design;
 CASE - Computer-aided software engineering;
 CNC - Computer numeric control;
 COM-порт - Communication port;
 COMPIM - Virtual port in Proteus;
 CRM - Customer relationship management;
 CSM - Component system management;
 DCC - Digital create content;
 EDA - Electronic design automation;
 I2C - Inter-Integrated Circuit;
 MDA - Mechanical draft automation;
 MES - Manufacturing execution system;
 MRP-2 - Manufacturing resource planning;
 PDM - Product data management;
 SCADA - Supervisory control and data acquisition;
 SCM - Supply chain management;
 SPI - Serial Peripheral Interface;
 USB - Universal serial bus;
 USBCONN - Universal serial bus connector;
 RC-фильтр - Resist capacitor-фильтр.

Индв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Индв.№ губл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире большую часть информации, получаемой ежедневно человеком, мы получаем посредством зрения, следовательно довольно важно следить за состоянием глаз и вовремя обращаться к специалисту. Однако, если уже начала развиваться какая-либо патология, то необходимо позаботиться о верном лечении и это обязанность офтальмологов, но выполнение предписаний врача ложиться уже на плечи пациента.

Самое распространенное предписание офтальмологов – это глазные капли, они довольно удобны тем, что пациент может самостоятельно или с помощью других использовать их в домашних условиях, однако многие пациенты пренебрегают предписаниями врачей о правильном использовании капель. Хотя на самом деле это довольно важно, так как при таких заболеваниях, как глаукома или комплексном лечении нескольких заболеваний разными каплями необходимо четко соблюдать правила применения капель, и даже это не всегда гарантирует лучшего эффекта от лечения.

Целью моей работы является разработка устройства, улучшающего процесс инстилляций глазных капель. Который позволит своевременно и дозированно подавать капли к глазу.

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам. инв.№	Инв.№ дубл.	Подп. и дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист
						9
						Изм Лист №докум Подп Дата

1 АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ИНСТИЛЛЯЦИИ ГЛАЗНЫХ КАПЕЛЬ, ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ОФТОЛЬМОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

1.1 Теоретические основы о строение глаза и заболеваниях в офтальмологии

В нашей жизни более 80% информации мы получаем с помощью глаз, что поднимает важный вопрос об их здоровье, так же на их состояние сказывается и стремительное развитие информационной среды и необходимости просмотра информации через мониторы и другие виды дисплеев, которые в свою очередь оказывают незначительное, но все же вредное влияние на наши глаза.

Глаз можно назвать сложным оптическим прибором. Его основная задача — «передать» правильное изображение зрительному нерву. Глаз можно разделить на множество частей. Рассмотрим структуру глазного аппарата для лучшего понимания предметной области.

Глазное яблоко. Глазное яблоко имеет шарообразную форму, его диаметр составляет около 24 мм. Внутри него находится внутриглазная жидкость, хрусталик и стекловидное тело. Стекловидное тело ограничено тремя глазными оболочками. Плотная непрозрачная внешняя оболочка, образующая форму глаза, называется склерой. К склере крепятся 6 глазодвигательных мышц. В ней находится небольшое количество нервных окончаний и сосудов [1].

Роговица. На переднем, видимом участке склера частично покрыта конъюнктивой и переходит в прозрачную роговицу. В роговице отсутствуют кровеносные сосуды. За

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист
						10
Изм	Лист	№докум	Подп	Дата		

счет своей куполообразной формы она имеет большую преломляющую силу. Роговица входит в оптическую систему глаза. Более подробно расположение роговицы видно на рисунке 1.

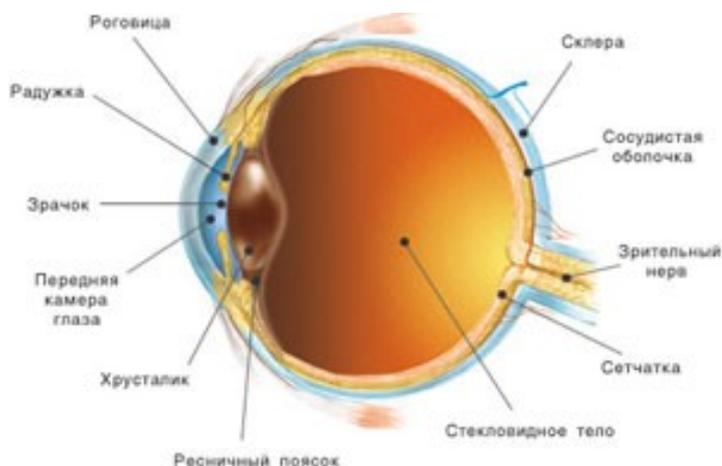


Рисунок 1 - Строение глаза

Радужка. Средний слой - сосудистая оболочка, содержит кровеносные сосуды, которые обеспечивают глаз кислородом. В сосудистую оболочку входит цилиарное (ресничное) тело с его ресничными поясками и радужка. Радужка— по форме похожа на круг с отверстием внутри (зрачком). Радужка состоит из мышц, при сокращении и расслаблении которых размеры зрачка меняются. Именно радужка придает глазу его цвет, в зависимости от количества пигментных клеток. Между роговицей и радужкой находится пространство — так называемая передняя камера глаза, заполненная прозрачной внутриглазной жидкостью (водянистой влагой).

Хрусталик. Роговица и внутриглазная жидкость пропускают световые лучи, которые попадают внутрь глазного яблока через зрачок. Попадание внутрь глаза лучей

Инд.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инд.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

яркого света вызывает рефлекторное сужение отверстия зрачка. При слабом освещении зрачок расширяется. Непосредственно за зрачком находится прозрачный хрусталик, имеющий форму двояковыпуклой линзы. Хрусталик прозрачен, эластичен — может менять свою форму, почти мгновенно «наводя фокус», за счет чего человек видит хорошо и вблизи, и вдали. Вокруг него располагается кольцевая мышца. Хрусталик, как и роговица, входит в оптическую систему глаза.

Сетчатка. После того, как лучи пройдут сквозь хрусталик, они проникают через стекловидное тело — гелеобразную прозрачную субстанцию, которая заполняет собой всю внутреннюю часть глазного яблока. В конечном итоге, лучи света попадают на внутреннюю, очень тонкую оболочку глаза — сетчатку. Сетчатка прилегает к сосудистой оболочке, но на многих участках неплотно. Именно здесь она и имеет тенденцию отслаиваться при различных заболеваниях сетчатки. Сетчатка имеет чрезвычайно сложное строение. Она состоит из фоторецепторов (они чувствительны к свету) и нервных клеток. Клетки-рецепторы, расположенные в сетчатке, делятся на два вида: колбочки и палочки. Палочки обладают высокой светочувствительностью и позволяют видеть при плохом освещении, также они отвечают за периферическое зрение. Колбочки, наоборот, требуют для своей работы большего количества света, но именно они позволяют разглядеть мелкие детали (отвечают за центральное зрение), дают возможность различать цвета. Наибольшее скопление колбочек находится в центральной ямке (макуле), отвечающей за самую высокую остроту зрения.

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Взам.инв.№
	Инв.№ дубл.
	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

Зрительный нерв. В палочках и колбочках, вырабатывающих фермент родопсин, происходит преобразование энергии света (фотонов) в электрическую энергию нервной ткани, т.е. фотохимическая реакция. Возбуждение проводится по отросткам нейронов, образующих зрительный нерв. По нему сигналы от нервных окончаний передаются в головной мозг.

Следовательно, необходимо вовремя и правильно подбирать лечение, для сохранения зрения.

Существует множество заболеваний и дефектов зрения, осложняющих нормальное восприятие информации и ухудшающих качество жизни.

Многие заболевания глаз не имеют ранних симптомов. Они могут быть безболезненными, и вы можете не видеть никаких изменений в своем зрении, пока болезнь не станет достаточно прогрессирующей.

Единственный лучший способ защитить ваше зрение - регулярные профессиональные обследования глаз. Однако, при возникновении каких-либо симптомов лучше проконсультироваться со специалистом [2].

Заболевания глаз представлены в алфавитном порядке.

Возрастная дегенерация макулы - это заболевание, которое поражает центральную часть сетчатки, макулу, и как следует из названия, эта болезнь прогрессирует с возрастом пациента.

Выпуклые глаза, или проптоз, возникают, когда один или оба глаза выступают из глазниц из-за повреждения, такого как отек мышц, жира и тканей позади глаза.

Инд.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инд.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

Катаракта - дегенеративная форма заболевания глаз, при которой хрусталик постепенно становится непрозрачным, а зрение затуманивается.

ЦМВ-ретинит - серьезная инфекция сетчатки, которая часто поражает людей с синдромом приобретенного иммунодефицита и может также поражать людей с другими иммунными нарушениями [3].

Диабетический макулярный отёк (эдема) происходит, когда жидкость и белковые отложения накапливаются на макуле или под макулой глаза (жёлтое пятно в центральной части сетчатки) и заставляет её утолщаться и набухать(отёк). Набухание может привести к искажению центрального поля зрения человека, так как пятно располагается рядом с центром сетчатки в задней части глазного яблока. Эта область содержит набор плотно упакованных колбочек, которые обеспечивают резкое, четкое центральное поле зрения, чтобы дать возможность человеку увидеть детали, форму, и цвет объекта, который находится непосредственно в направлении взгляда [4].

Глаукома возникает, когда накопление жидкости в глазу создает давление, повреждая зрительный нерв.

Кератоконус — дегенеративное невоспалительное заболевание глаза, при котором роговица истончается и принимает коническую форму. Кератоконус может привести к серьёзному ухудшению зрения. Обычно известно как ленивый глаз, амблиопия - плохое зрение, которое не поддается коррекцией очками или линзами [5].

Глазная гипертензия - это повышение давления в глазу, превышающее диапазон, который считается нормальным.

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

Отслоение сетчатки – патологический процесс, сопровождающийся отделением сетчатой оболочки глаза от его сосудистой оболочки [6].

Увеит представляет собой воспаление сосудистой оболочки глаза (uveального тракта) [7].

1.2 Изучение проблемы использования глазных капель

Классическое средство в фармакотерапии офтальмологических заболеваний – это глазные капли. Помимо диагностических и увлажняющих глазных капель, широко применяются противомикробные, противовоспалительные, противоаллергические, противо-глаукомные препараты, выпускаемые в данной лекарственной форме.

Основная цель глазных капель состоит в возможности закапывать их для лечения ряда глазных заболеваний или для обезболивания глаза перед лечением. Помощник офтальмолога, медсестра или врач закапывают глазные капли во время обычного осмотра глаз или во время лечения глазных заболеваний. Перед операцией на глазу закапывают анестезирующие глазные капли. Иногда офтальмологи прививают красители, чтобы помочь в диагностике глазных заболеваний, либо традиционными методами, внутривенным введением или с помощью полосок.

Глазные капли или офтальмологические растворы используются для лечения глаукомы, увеита, аллергических реакций и инфекций. Дилатирующие глазные капли можно

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

закапывать во время обследования, чтобы лучше рассмотреть сетчатку.

Медицинские работники должны убедиться, что надлежащий препарат вводится правильно и срок годности его не истек. Некоторые офтальмологические растворы могут быть противопоказаны или могут вызывать аллергические реакции. Контейнеры для глазных капель должны быть четко маркированы и проверены перед закапыванием.

Глазные капли также должны контролироваться на предмет обесцвечивания или седиментации, что говорит о том, что глазной раствор разлагается. В этом случае, новая доза лекарства должна быть получена из новой бутылки, и просроченный контейнер должен быть выброшен.

Кроме того, офтальмологический сотрудник, выдающий капли, должен дважды проверить идентификацию пациента и карту, чтобы убедиться, что правильная доза закапывается в правильный глаз. Вводящий дозу офтальмолог никогда не должен касаться кончиком пипетки глаза пациента. Прикосновение загрязнит оставшиеся лекарства, а в случае не новой бутылки, то может и занести инфекцию в глаз. В случае прямого контакта с глазами, лекарство следует выбросить.

Стерилизация является важной частью инстилляций. Перед закапыванием глазных капель помощник офтальмолога, техник, медсестра, окулист или офтальмолог должны тщательно вымыть руки. Сотрудник офтальмолога должен собрать все необходимые материалы. Для некоторых глазных капель дозатор должен быть нагрет, чтобы довести капли до температуры тела, держа бутылку в руке около двух минут.

Инв. № подл	Подп. и дата
	Взам. инв. №
	Инв. № дубл.
	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата
-----	------	---------	------	------

Далее врач должен правильно расположить пациента. Пациент должен сидеть в кресле для осмотра с слегка вытянутой головой. Как только пациент будет правильно расположен, дозатор должен очистить веки от внутреннего века наружу стерильным физиологическим раствором, чтобы удалить любые выделения из глаз или ранее введенные лекарства. Специалист должен промыть руки после завершения этих приготовлений.

Непосредственно перед закапыванием специалист должен нажать на нижнее веко пациента пальцем одной руки, чтобы создать область для закапывания лекарства. Верхнее веко также следует держать открытым, чтобы предотвратить моргание во время закапывания. Медицинский работник должен сказать пациенту, чтобы он посмотрел вверх. С другой стороны, врач должен закапать каплю в отведенное нижнее веко пациента. Капли не следует закапывать в области роговицы. Эта мера предосторожности необходима, чтобы избежать испуга пациента или причинения ненужной боли.

После закапывания соответствующего количества лекарства офтальмолог должен отпустить нижнее веко и удалить всю лишнюю жидкость из глаз. Пациенту следует осторожно закрыть глаза, чтобы при сильном зажмуривании лекарство не вытекло. Если нужно закапывать другое лекарство, между инстилляциями требуется задержка не менее 30 секунд.

Пациенты должны проходить процедуру, подготовки века перед закапыванием, для достижения лучших результатов. Если пациенты лечатся от заболеваний глаз,

Инд.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инд.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

таких как конъюнктивит, их следует предупредить заранее, чтобы они не носили контактные линзы или макияж глаз [8].

Перед закапыванием офтальмологический персонал должен дважды проверить дозировку и тип лекарства. Они также должны тщательно мыть руки.

Пациентам, которые будут использовать свои собственные глазные капли после начального лечения, необходимы тщательные инструкции по правильному закапыванию. Медицинские работники должны шаг за шагом руководить пациентами, чтобы обеспечить максимальную пользу от приема лекарств.

Если пациенты лечатся от инфекций или конъюнктивита, им следует регулярно мыть руки; избегать касания их глаз; избегайте макияжа глаз или контактных линз; и отказаться от любых глазных капель или макияжа глаз, использованных до начала лечения инфекции. Последующие встречи для дальнейшего лечения также могут быть необходимы.

Глазные капли вызывают раздражение у некоторых пациентов, что может привести к покраснению или жжению. Более сильные лекарства могут вызвать более сильные аллергические симптомы, такие как головокружение и дезориентация. Некоторые циклоплегические капли могут вызывать такие серьезные реакции, как бред, учащенный пульс и затруднения при глотании. Пациенты должны быть осмотрены после закапывания, и медицинские работники должны регистрировать любые побочные эффекты.

Пациенты с глаукомой, использующие лекарственные глазные капли, должны проверять их, чтобы убедиться,

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

эффективны ли капли. Многократное использование капель неизбежно при лечении глаукомы.

Глазные капли достаточно удобны и просты в применении, что позволяет пациенту использовать их самостоятельно, без участия врача, что особенно важно при глаукоме, поскольку регулярное применение глазных капель необходимо для поддержания постоянного внутриглазного давления при данном заболевании [9].

Так же помимо проблемы частоты использования, существует проблема точности дозировки капель: «Необходимость систематического введения одной – и лишь одной – капли в конъюнктивальный мешок осложняет терапию глаукомы», – отметил доктор Алан Робин на Ежегодном конгрессе Американской академии офтальмологии. Доктор провел исследование, в котором наглядно отражена разница между мнением пациентов и фактическими данными. Так, 92% респондентов убеждены в точности своих манипуляций с каплями. Они сказали, что ни разу не капали мимо, хотя наблюдения свидетельствуют об обратном. Де-факто 35% промахнулись единожды, а более четверти опрошенных капают мимо глаза регулярно. Так же распространенная проблема пренебрежения своевременного применения капель, немытые руки, загрязнение флакона, случайное введение нескольких капель и чрезмерно слабое нажатие, когда ни одна капля так и не достигает глаза. Техника применения капель остается на совести пациента.

Местное глазное введение препаратов осложнено тем, что глаз имеет уникальные функциональные и структурные механизмы защиты, такие как моргание, постоянная продукция и дренаж слёз, которые необходимы для

Инв. № подл	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 19

сохранения остроты зрения, но в то же время благоприятствуют быстрому выведению локально введённых глазных препаратов. Для препаратов, введённых периокулярно или системно, главными препятствиями для проникновения к внутренним тканям глаза являются склера и гемато-окулярные барьеры. Роговица, по существу, представляет собой многослойный сандвич: жир (эпителий) — вода (stroma) — жир (эндотелий). Эпителий является главным барьером для всасывания, в особенности гидрофильных препаратов, в то время какstroma роговицы служит основным барьером для липофильных препаратов. Таким образом, препарат с оптимальным соотношением гидрофильности и липофильности обеспечивает лучший трансфер через роговицу. Следовательно, необходимо вводить крайне точное количество препарата, для прохождения им всех естественных преград, на пути к месту применения.

На этом все проблемы с инстилляцией не заканчиваются, так же как пациент выполняет эти операции сам, то возникает и проблема удобства использования препарата и его упаковки. Ряд капель выпускают в неудобной упаковке, и пациент нередко вынужден использовать зубы, а то и нож, для их открытия. Это несёт в себе угрозу загрязнения содержимого флакона. Иногда горловину можно проколоть верхним концом колпачка, но этот метод не для всех вполне комфортен. Многие предпочтут отрезать горлышко флакона, сделав точное дозирование объема и количества принципиально невозможным. Отличие флаконов по размерам и цветам также сбивает больных с толку [10].

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Взам.инв.№
	Инв.№ дубл.
	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

развития целого ряда осложнений. Поэтому важно позаботиться о предупреждении развития дисфункции мейбомиевых желез, а в случае развития блефарита — своевременном комплексном лечении [12].

По мнению ряда авторов, дисфункция мейбомиевых желез является важной причиной патологии глазной поверхности и ССГ, либо изолированно, либо в сочетании с дефицитом водного компонента слезной жидкости. ДМЖ — это чрезвычайно распространенное заболевание век, на которое, тем не менее, офтальмологи обращают внимание очень редко [13]. Как следствие, эта категория пациентов остается без необходимой терапии. У 38,9 % пациентов моложе 30 лет и у 71,7 % пациентов 60 лет и старше диагностируют ДМЖ. В свою очередь нарушение функции сальных и МЖ является частой причиной сухости глаза из-за неполноценности слезной пленки, что не только доставляет неприятные ощущения пациенту, но и может стать причиной серьезных заболеваний конъюнктивы и роговицы [14]. При ДМЖ недостаточное количество жирового секрета МЖ приводит к повышенному испарению слезной жидкости и повреждению поверхности глаза вследствие повышения осмолярности прекорнеальной слезной пленки.

Формирующаяся из слезной жидкости СП, наравне с веками, выполняет защитную функцию. СП напоминает гелеобразную структуру с градиентом концентрации слизистого секрета от внутреннего слоя, где он плотно прилежит к поверхностным эпителиальным клеткам, к наружному, где концентрация растворимого муцина меньше [15]. Указанная структура покрыта липидным слоем, который предотвращает избыточное испарение слезы с поверхности

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 22

глаза. Толщина и стабильность СП зависят от функционального состояния МЖ.

Изучение функционального состояния МЖ играет значительную роль не только в диагностике ССГ, но и в оценке эффективности лечения.

Существует несколько методов оценки состояния МЖ [16]. Наиболее простой метод исследования — компрессионная проба, которую проводят за щелевой лампой путем легкой компрессии нижнего века кончиком пальца вблизи переднего ребра, оно позволяет определить возможность эвакуации секрета МЖ по всей длине века.

Предложен способ определения функционального состояния МЖ с помощью мейбометра. Кольцо пластиковой ленты шириной 8 мм осторожно накладывают на край нижнего века с силой 15 г [17]. Фиксацию осуществляют в течение 10 с в средней трети нижнего века. Отпечатанные липиды создают прозрачную полосу на поверхности ленты. Затем ленту сканируют через фотосенсор мейбометра. Так производят количественную оценку секрета МЖ.

N. Yokoі и соавторы усовершенствовали способ, предложенный С. Chew и соавторами. Кольцо из пластиковой ленты помещают в считывающую головку мейбометра, которую устанавливают на нулевую отметку. Корпусом аппланационного тонометра Гольдмана, установленного на щелевой лампе, зажимают рукоятку мейбометра [18]. При взгляде пациента вверх аккуратно оттягивают нижнее века и снимают отпечатки пленкой мейбометра со средней трети края века; время соприкосновения 3 секунды. После этого ленту держат на воздухе 3 минуты для испарения излишней слезы. Далее кольцо помещают в считывающую головку

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

мейбометра. Отпечаток липидного секрета воспроизводится в виде черных полос [19]. Далее происходит сканирование результатов, данные сохраняются в компьютере для денситометрического анализа.

Обследование МЖ также проводят посредством их просвечивания через веко с помощью трансиллюминатора мейбографии, когда их просвечивание осуществляют путем наложения на вывернутое нижнее веко иллюминирующего датчика [20]. Цифровую камеру устанавливают на щелевой лампе, МЖ фотографируют на всем протяжении нижнего века. Мейбография позволяет оценить количество протоков МЖ.

Предложен комплекс лечебных мероприятий, который включает инстилляции препаратов «искусственной слезы», массаж век и этиопатогенетическое лечение ДМЖ [21]. СП может быть стабилизирована при ДМЖ с использованием слезозаместительной терапии в комбинации с маслообразным средством, содержащим витамин А — Вита-ПОС.

Таким образом мы выделили основные заболевания, связанные с необходимостью верного и точного применения глазных капель, при их терапии.

Одно из решений проблемы было найдено в процессе патентного поиска и предложено в патенте [22].

Принцип действия основан на использовании биосовместимых, биоразлагаемых имплантатов и микросфер с замедленным высвобождением, включающие антигипертензивный агент и биоразлагаемый полимер, для внутрикамерного размещения или размещения внутри передней части стекловидного тела. Диаметр микросфер от

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Инв.№ дубл.
	Взам.инв.№
	Подп. и дата
	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 24

30 до 100 микрон, микросферы содержат от 10 до 30 масс. Процент антигипертензивного агента и от 70 до 90 масс. Процент биоразлагаемого полимера. Высвобождение антигипертензивного агента от 10 до 120 дней. Группа изобретений позволяет повысить эффективность лечения гипертензивного патологического состояния глаза, такого как глаукома [23].

Проведя анализ рынка решений проблемы, были выделены нетехнологичные решения, как наиболее распространенные.

На сегодняшний день процесс доставки лекарство стал более автоматизированным. Новые возможности часто направлены на то, чтобы вывести пациента из данного процесса, обеспечив возможность полноценной доставки лекарства [24]. Устройства, потенциально делающие это возможным, варьируются, от интравитреальных имплантатов, до точечных пробок и колец, которые располагаются в конъюнктивальном своде и медленно высвобождают лекарства.

Тем не менее, обычное закапывание капель из флакона все еще актуальный метод, который используется почти каждым пациентом, и эта технология старой школы, вероятно, останется в употреблении в обозримом будущем. Это возвращает нас к основной, хорошо известной проблеме: многим пациентам трудно правильно использовать глазные капли.

Столкнувшись с низким уровнем точного использования капель среди пациентов, большинство врачей сосредоточено на том, чтобы научить пациентов лучше применять технику нанесения глазных капель или попытаться найти кого-то, кто

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Взам.инв.№
	Инв.№ дубл.
	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

поможет пациенту правильно использовать капли [25]. Тем не менее, есть некоторые удобные, легко доступные нетехнологичные устройства для инстилляции глазных капель, которые помогут пациентам доставить лекарство к глазу. Эти устройства подразделяются в основном на три категории: те, которые пытаются последовательно расположить бутылку над глазом, держа веки открытыми; те, которые используют поверхностное натяжение для доставки капли в глаз через промежуточное устройство; и те, которые предлагают уникальные подходы к попаданию капель на глаз.

Бутылочные насадки. Первая категория самая простая: бутылка с пипеткой защелкивается или иным образом закрывается, пример таких насадок представлен на рисунке 2.

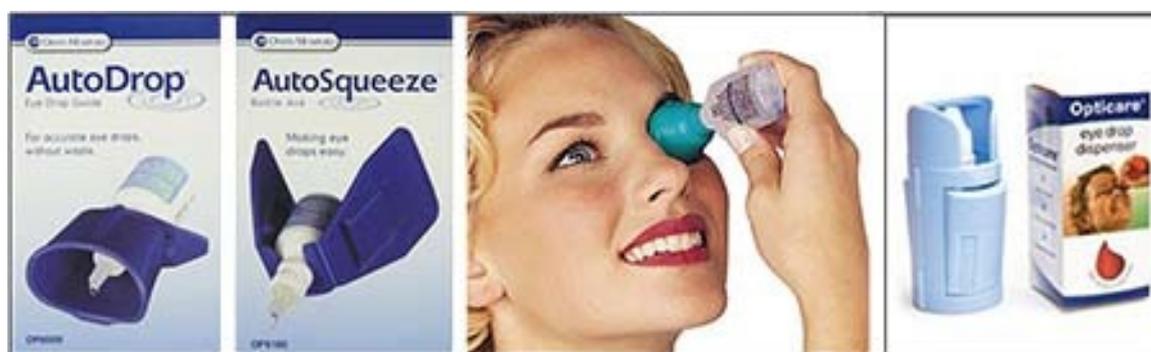


Рисунок 2 – Пример внешнего вида и использования бутылочных насадок для глазных капель

Тюбик с лекарством заключен в пластиковое устройство, которое удерживает веки открытыми и помещает наконечник капельницы над глазом, когда голова наклонена назад. Преимущества заключаются в том, что он удерживает кончик флакона от прикосновения к глазу и удерживает веки

Интв.№ подл	Подп. и дата
Взам.инв.№	Инв.№ дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

подальше, пока наносится капля [26]. Наиболее очевидные проблемы заключаются в том, что пациент все еще должен наклонить голову назад, и нет никакой гарантии, что капля попадет на глаз. Кроме того, пациент может выжать несколько капель по ошибке.

Продукты в этой категории включают в себя:

- AutoDrop Eye Drop Guide. Направляющая, которая держит глаз открытым с бутылкой, расположенной над глазом, имеет отверстие, которое пропускает свет; По словам производителя, когда пациент смотрит на отверстие, глаз правильно расположен для приема капли. Это устройство может использоваться в сочетании с AutoSqueeze, другим пластиковым устройством, которое вращается вокруг самой бутылки (а не защелкивается на кончике); он использует принцип рычага, чтобы облегчить сжатие бутылки.

- Flents Ezy Drop Guide & Eye Wash Cup. Этот пластиковый держатель для бутылок напоминает чашку для промывки глаз, и производитель заявляет, что ее можно использовать и для этой цели.

- Диспенсер для глазных капель Opticare. В дополнение к расположению флакона над глазом, это устройство разработано так, чтобы пациенту было легче сжимать флакон [27].

Использование поверхностного натяжения капель. Менее интуитивно понятный, но более интересный подход к попаданию капель в глаз включает помещение одной капли в держатель, а затем поднесите держатель близко к глазу, позволяя капле «прыгать» на глаз с устройства. Некоторые разновидности устройств, основанных на поверхностном натяжении представлены на рисунке 3.

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата



Рисунок 3 - Пример внешнего вида и использования решений основанных на поверхностном натяжении жидкостей

Этот подход имеет несколько преимуществ, в том числе повышенная вероятность того, что одновременно будет использоваться только одна капля; устранение необходимости для пациента наклонять голову назад; почти невозможно промахнуться; и расположения кончика бутылки подальше от глаз, чтобы избежать загрязнения [28]. Потенциальные недостатки включают необходимость содержать устройство в чистоте и возможные контакты между устройством и глазом. Продукты, использующие этот подход:

- Magic Touch: Eye Drop Helper. Это устройство, напоминающее маленький резиновый колокольчик размером с наперсток, помещается на кончике пальца; держа палец вертикально, каплю помещают в небольшую ямочку на кончике устройства. Затем пациент наклоняется вперед, и когда устройство приближается к глазу, капля «прыгает» на глаз. Устройство Magic Touch, разработанное Юлиусом Шульманом, не содержит бисфенола и изготовлено из медицинского силикона. Производитель говорит, что ионы серебра в материале удаляют до 99,99% микробов, поэтому

Интв.№ подл	Подп. и дата
Взам.инв.№	Подп. и дата
Интв.№ дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

устройство можно содержать в чистоте, просто промыв его под теплой водой после использования.

- **SimplyTouch.** Это устройство представляет собой небольшой многоразовый ручной аппликатор с крошечным диском в верхней части, на который помещается капля; поверхностное натяжение удерживает падение на месте. Одна сторона диска не имеет обода; у другой есть ободок, чтобы менее вязкие капли оставались на диске. Пациент кладет каплю на пластиковый аппликатор, опускает нижнюю крышку, глядя в зеркало, приближает кончик аппликатора к глазу, и капля прыгает на глаз [29]. К рекламируемым функциям относится то, что устройство можно использовать как с очками, так и без них, и что устройство легко чистить и хранить после использования. Поскольку пациенту легче контролировать использование капель, производитель заявляет, что пациенты получают на 50 процентов больше использований на один флакон капель.

- **OptiAide.** Наиболее высокотехнологичное, чем другие устройства, может вместить до пяти капель в своих пяти камерах. В отличие от других устройств, это устройство находится перед глазом, позволяя капле прыгать на глаз, теоретически предотвращая устройство от контакта с роговицей. Тем не менее, это требует контроля положения век.

Целевой подход. Одно из самых уникальных устройств с капельницей было создано Джонатаном Крессом, доктором медицины, офтальмологом из Санта-Крус, Калифорния. «Капельница Cress представляет собой арочную трубку, которая навинчивается на бутылку для капельницы», - объясняет он. Как только наконечник правильно размещен,

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ

бутылка сдавливается; капля покидает апертуру, скользит вниз и с небольшого ската на наконечник и в глаз. Пациентка отпускает бутылку, когда чувствует каплю [30]. Текущая версия капельницы не имеет дозирующего компонента, но большинство пациентов учатся регулировать сжатие бутылки, чтобы выпустить только одну каплю».

Отвечая на вопрос о стерильности капель, доктор Кресс отмечает, что наконечник для доставки предназначен для физической изоляции дистальной апертуры от поверхности доставки. «Цель этой конструкции - предотвратить попадание конъюнктивальных или кожных бактерий обратно в бутылку, загрязняя капли», - говорит он. «Чистка наконечника после каждого использования была бы идеальной, но это не так необходимо. Внешний вид устройства и его применение продемонстрировано на рисунке 4:



Рисунок 4 - Пример внешнего вида и использования капельницы Cress

По опыту, уровень загрязнения бутылки на 25 процентов ниже, чем со стандартными наконечниками капельницы, которые не должны касаться глаза.

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

Однако на рынке существуют и автоматизированные методы инстилляций капель.

Интравитреальные имплантаты, используемые при заболеваниях глаз. Передовые биотехнологические методы и новые полимеры привели к разработке многих инновационных систем для интравитреальной доставки лекарств. Некоторые проекты все еще находятся в экспериментальной фазе, в то время как другие получили широкое признание и коммерчески доступны. Поскольку стероиды являются основой терапии увеита и макулярного отека, были разработаны новые интравитреальные имплантаты для обеспечения непрерывного высвобождения кортикостероидов в течение продолжительного периода времени с уменьшением системных побочных эффектов [31]. На сегодняшний день коммерчески доступны три кортикостероидных имплантата длительного действия: имплантаты флуоцинолона ацетонида Retisert® и Iluvien® и система доставки лекарств дексаметазона Ozurdex®. Они предлагают альтернативный путь в лечении отека желтого пятна из-за увеита, окклюзии вен сетчатки, диабета и псевдофакии. Их преимущество перед лечением стероидными инъекциями и антисосудистым фактором роста эндотелия ранибизумабом заключается в длительном контроле воспаления и макулярного отека с уменьшенной частотой введения. Их потенциальными побочными эффектами являются катаракта и глаукома, поэтому необходим тщательный отбор пациентов и контроль. Для определения относительной эффективности и показаний для каждого варианта лечения необходимы дальнейшие исследования. Разработка новых устройств является будущей

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 31

задачей в стремлении улучшить системы доставки лекарств. Для определения относительной эффективности и показаний для каждого варианта лечения необходимы дальнейшие исследования. Разработка новых устройств является будущей задачей в стремлении улучшить системы доставки лекарств. Для определения относительной эффективности и показаний для каждого варианта лечения необходимы дальнейшие исследования. Разработка новых устройств является будущей задачей в стремлении улучшить системы доставки лекарств.

Интрасклеральные импланты. Офтальмологический микронасос (Replenish) представляет собой устройство, которое хирургическим путем имплантируется на склере и напоминает пластину трубчатого шунта. Он содержит резервуар и небольшой компьютер. К пластине подключена небольшая интрасклеральная трубка, которая доставляет дозы нанолитера в глаз. Односторонний клапан предотвращает обратный поток обратно в резервуар. Устройство заряжается беспроводным способом и программируется, и резервуар может быть пополнен. Разработка в настоящее время доклиническая.

Поверхностные импланты. Поверхностные имплантаты могут быть вставлены или удалены пациентом или техническим специалистом, и они имеют преимущество, заключающееся в том, что пациент, как правило, будет осведомлен о смещении устройства. Эти имплантаты должны быть достаточно большими, чтобы нести достаточный запас лекарства, а это, в свою очередь, может привести к появлению симптомов раздражения. В дополнение к механическим побочным эффектам от имплантата следует также ожидать обычного профиля побочных эффектов от

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

высвобождаемых лекарств: например, инъекции в конъюнктиву с аналогом простагландина.

Контактные линзы с элюированием латанопроста представляют собой контактные линзы с непрерывным износом со встроенной мембраной, содержащей латанопрост. В исследовании на обезьяньих глазах 3 эти линзы обеспечивали уровень латанопроста, который превышал уровень местной терапии через 1 месяц после закапывания. Контактные линзы с элюцией латанопроста предназначены для ношения в течение ночи, а уровень лекарств быстро исчезает, если их снять.

Устройство для доставки офтальмологических препаратов для местного применения (TODDD, Amorphex Therapeutics) представляет собой имплантат с мягкой поверхностью, помещенный в верхнюю часть свода. TODDD может быть загружен лекарственным средством в полимерной форме, которое может высвободиться в течение длительного периода времени. Раннее клиническое исследование у пяти пациентов показало, что TODDD, содержащий тимолол, может поддерживать терапевтические уровни в течение 180 дней. 4

Кольцо Биматопрост (Allergan; ранее Healos, ForSight) представляет собой кольцо толщиной 1 мм с диаметром от 24 до 29 мм. Он помещается в свод и высвобождает биматопрост в течение 6 месяцев. В фазе 2 исследования у 130 пациентов кольцо Биматопрост продемонстрировало снижение ВГД на 20% и задержку на 89% через 6 месяцев, что не уступало тимололу. Устройство в целом хорошо переносилось, хотя 21% пациентов отмечали выделение слизи, а 7% жаловались на раздражение. 5

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Взам.инв.№
	Инв.№ дубл.
	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 33

Пунктальные заглазки

Точечные пробки с лекарственным покрытием более удобны, чем поверхностные имплантаты. Тем не менее, их небольшой размер означает, что меньше лекарственного средства может быть перенесено, и, следовательно, их эффект снижения ВГД, как правило, более умеренный с более короткой продолжительностью действия, обычно 3 месяца [32]. Кроме того, пациент может не понимать, выпадает ли пунктальная пробка.

ОТХ-ТР (Ocular Therapeutix) представляет собой цилиндрическую точечную пробку, которая содержит травопрост без консервантов. Он расширяется при увлажнении после имплантации и высвобождает препарат в течение 3 месяцев. В конце концов пробка рассасывается и стекает в носослезный проток. Хотя ОТХ-ТР находится ниже точки, он содержит флуоресцеин для визуализации на щелевой лампе. Фаза 2 исследования продемонстрировала задержку 88% через 75 дней и несколько меньшее снижение ВГД, чем тимолола через 90 дней. (Многие пробки растворились на 90 дней.)

Evolute (Mati Therapeutics) представляет собой L-образную пунктарную пробку с сердцевинкой из латанопроста; он предназначен для создания однонаправленного потока в слезную пленку и, следовательно, для снижения системного поглощения. Фаза 2 исследования показала 20% снижение ВГД через 3 месяца с задержкой 92%.

Субконъюнктивные импланты

Durasert (EyePoint Pharmaceuticals) представляет собой биоразлагаемый имплантат размером 3 мм x 0,3 мм, который можно поместить в субконъюнктивальное пространство на

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ губл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

щелевой лампе. Он основан на той же платформе, что и интравитреальный имплантат Iluvien fluocinolone acetonide (Alimera Sciences), с прозрачной полимерной трубкой, высвобождающей латанопрост за 12 месяцев. Фаза 1 и 2 испытания в стадии реализации.

Таким образом, на рынке представлено большое разнообразие решений, однако все эти решения являются нетехническими и не полностью автоматизированными, что является явным минусом при терапии глаукомы и других заболеваний с необходимостью точного и своевременного применения лекарства. Хорошим решением данной проблемы мог бы стать прибор, способный замерять уровень влажности глаза и поддерживать его с помощью растворов типа «чистая слеза» или же своевременного и точного применения лекарств в случае терапии более серьезных заболеваний глаз. Проектирование такого рода прибора и является целью моей дипломной работы.

1.4 Анализ научной литературы по теме

В ходе работы был проведен анализ литературы по теме - трудности в использовании глазных капель при заболеваниях глаз, таких как глаукома и синдром «сухого» глаза.

В статье [33] было обследовано 70 пациентов с первичной открытоугольной глаукомой или первичной закрытоугольной глаукомой, самостоятельно применяющих местные антиглаукомные препараты не менее 6 месяцев. Все пациенты закапывали раствор «чистая слеза» в 1 глаз, используя ту же технику, которую они использовали для лекарств от глаукомы в домашних условиях. Записанные

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата					Лист
					ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ				35
Изм	Лист	№докум	Подп	Дата					

параметры включали в себя время, необходимое для закапывания первой капли, количество закапанных глазных капель, место контакта с каплей, любой контакт с кончиком бутылки и закрытие век или слезного канала после закапывания капли.

В результате средний возраст пациентов составил $54,1 \pm 10,0$ года. Среднее время, необходимое для закапывания первой капли, составило $14,8 \pm 3,7$ с (диапазон от 8,7 до 23,5 с). Среднее количество капель, выдавливаемых из флакона за одно закапывание, составляло $1,8 \pm 1,2$ капли (диапазон от 1 до 8 капель). У 22 пациентов глазные капли падали на веки или щеку. Пятьдесят три пациента прикоснулись кончиком флакона к глазу или периокулярной ткани. Двадцать пациентов закрыли глаза после закапывания капель. Только 6 пациентов смогли правильно закапать глазные капли (отжать 1 каплю и залить ее в конъюнктивальный мешок без контакта с кончиком бутылки).

По итогам исследования в статье был сделан вывод о том, что почти 9 из 10 пациентов с глаукомой не смогли правильно закапать глазные капли. Это может быть важной причиной непреднамеренного ускорения развития глаукомы.

В статье [34] выявили влияние закапывания глазной капли на оптическое качество границы раздела воздух-слеза на передней роговице при сухости глаз. Аберрации роговицы определяли по картам рельефа роговицы и специальному программному обеспечению в случаях сухого глаза до, сразу после и через 10 минут после инстилляций глазного яблока.

Аберрации высших порядков волнового фронта значительно уменьшились, в среднем, в 2,5 раза после искусственной инстилляцией слезы обоих диаметров зрачка (Р

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

<0,01). Снижение сохранялось через 10 минут после закапывания глазных капель ($P > 0,2$). Среднее значение ВРС составило 3,6 секунды \pm 1,7 (SD). Инстилляцией пипетки значительно увеличила значения ВРС (примерно на 60%) по сравнению с исходным уровнем ($P < 0,01$).

Этот метод анализа границы раздела воздух-слезная пленка позволил оценить улучшение оптического качества после инстилляцией пипетки у пациентов с сухим глазом. После введения глазных капель все более регулярная слезная пленка улучшала оптическое качество.

В статье [35] изучили влияние искусственной инстилляцией слез на аберрации глаза у пациентов с сухостью глаз.

Глазные аберрации (общие, сферические и коматоподобные) измеряли с помощью аберрометра Гартмана-Шака до и после искусственного закапывания слез (сразу и через 10 минут) в 15 глазах 15 пациентов с сухостью глаз.

Оптические аберрации показали статистически значимое снижение после искусственной инстилляцией слезы ($P < 0,01$). Общие аберрации уменьшались в среднем в 2-3 раза сразу после закапывания; снижение сохранялось через 10 минут ($P > 0,01$) [36].

После искусственного закапывания слезы снижение оптических аберраций, связанных с все более нерегулярной слезной пленкой, может привести к улучшению оптического качества сухих глаз.

В настоящий момент уже ведутся разработки в сфере приборов для, глаз и в качестве наиболее удобного были выбраны контактные линзы, однако этот процесс довольно

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

затруднен размерами и воздействиями различных факторов на саму линзу. В статье [37] автор описывает текущее состояние рынка такого рода разработок, проясняя множественные проблемы и возможности таких приборов.

Умные контактные линзы звучат как научная фантастика. Но уже идет гонка за разработку технологий для контактных линз будущего, которые дадут вам сверхчеловеческое зрение и предложат дисплеи на лобовом стекле, видеокамеры, медицинские датчики и многое другое. На самом деле эти продукты уже разрабатываются.

Звучит нереально, правда? Но оказывается, что глазные яблоки - идеальное место для применения технологий.

Умные контактные линзы похожи на имплантаты, но они не требуют хирургического вмешательства и обычно могут быть удалены или вставлены пользователем. Они не на коже и не под ногами. Они подвержены воздействию воздуха и внутренней химии организма.

Контактные линзы сидят на глазу, и поэтому могут улучшить зрение. Они подвержены воздействию света и механического движения моргания, поэтому они могут собирать энергию.

Что вам нужно знать, так это то, что умные контактные линзы неизбежны по всем этим причинам. Вот то, что вы увидите, и раньше, чем вы думаете.

Компания, которая наиболее активно внедряет электронику в контактные линзы, - это Verily. Вы, возможно, знаете лучше ее, как Google, который в прошлом году разделился на множество компаний под эгидой Alphabet. Verily Life Sciences - независимая дочерняя компания

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Инв.№ дубл.
	Взам.инв.№
	Подп. и дата
	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 38

Alphabet, которая разрабатывает усовершенствованные контактные линзы.)

Согласно недавно опубликованному патенту новейшие интеллектуальные контактные линзы Verily фактически вводятся в глазное яблоко. Так что это не контактная линза, а скорее хирургический имплант.

Процесс довольно сложный и неприятный так как часть вашей роговицы удаляется из вашего глазного яблока. Затем жидкость вводится в глаз, и эта жидкость смешивается с капсулой хрусталика глаза, когда она затвердевает. Внутри этого нового искусственного объектива живет аккумулятор, батарея, датчики, радиопередатчики и другая электроника. Искусственная линза взяла бы на себя задачу фокусировки света на сетчатке, улучшая зрение множеством способов без очков, но гибким, интерактивным способом.

Компанию возглавляет Эндрю Джейсон Конрад, который также является изобретателем объектива.

Verily также работает со швейцарским производителем лекарств Novartis, чтобы производить и продавать умные контактные линзы, для помощи людям с диабетом отслеживать уровень глюкозы в крови. Компания также была награждена патентом на технологию контактных линз на солнечных батареях.

Одним из самых логичных применений, для умных контактных линз является улучшение зрения без очков.

Исследователи из Висконсинского университета в Мэдисоне изобрели умные контактные линзы, которые могут мгновенно сфокусировать взгляд. Он разрабатывается как будущий продукт для израильской компании Deep Optics. Идея основана на функции глаз рыбы Гнатонем Петерса

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата
-------------	--------------	------------	--------------	-------------

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 39

(нильский слоник). В линзе используются электронные схемы и датчики света, которые питаются от солнечного элемента, встроенного в контактную линзу. Когда датчики определяют, что глазу необходимо сфокусироваться, микросхемы подают небольшой электрический ток, который изменяет фокусное расстояние объектива за доли секунды. Линза предназначена для лечения дальнозоркости, которой страдают почти 1 миллиард человек. Исследователи говорят, что технологии, по крайней мере, пять лет.

Ученые из Мичиганского университета создают контактные линзы, которые могут дать солдатам и другим людям возможность видеть в темноте с помощью тепловизора. Технология использует графен (двумерную аллотропную модификацию углерода), единственный слой атомов углерода, чтобы уловить весь спектр света, включая ультрафиолетовое излучение. Графен был интегрирован в кремниевые микроэлектромеханические системы (МЭМС). Ожидается, что исследования спонсируются военными США.

Отличной идеей была возможность просматривать контент дополненной и смешанной реальности или снимать фотографии и видео (или и то, и другое) с помощью Google Glass.

Sony подала заявку на патент на интеллектуальную контактную линзу, способную записывать видео. Вы контролируете это, моргая глазами. Согласно патенту Sony, датчики в объективе могут определять разницу между произвольным и непроизвольным миганием (это была особенность прототипа Google Glass, которая могла делать фотографию, когда вы подмигивали). Когда он обнаруживает умышленное мигание, он записывает видео. Контактная

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 40

линза Sony будет питаться от пьезоэлектрических датчиков, которые преобразуют движение глаз в электроэнергию. Линза будет включать в себя очень маленькие версии всех частей современной цифровой камеры - объектив с автофокусировкой, процессор, антенну и даже хранилище прямо на объективе. Samsung получил патент в Корее на технологию, которая функционирует как крошечная версия Google Glass с интеллектуальными контактными линзами. У устройства есть миниатюрный дисплей, который проецирует видео прямо в глаза. Результат может быть чем-то вроде смешанной виртуальной реальности, такой как Microsoft HoloLens или Magic Leap. Как и объектив Sony, он имеет встроенную камеру и управляется миганием. Однако, в отличие от камеры Sony, изобретение Samsung обеспечивает беспроводную передачу содержимого на смартфон для хранения и обработки, а не хранит ее на контактной линзе.

Говоря о Magic Leap, стартапе смешанной реальности, скрытно поддерживаемом Google, который собрал более 1 миллиарда долларов, компания также подала заявку на патент на интеллектуальные контактные линзы. Их патент похож на концепцию от Samsung. Magic Leap уже создает громоздкую гарнитуру смешанной реальности, сравнимую с Microsoft HoloLens, которая, как ожидается, позволяет пользователю вводить изображения, созданные компьютером, в поле зрения реального мира. Патент Magic Leap включает в себя два процессора, работающих в тандеме. Один из них наносит изображение на контактные линзы, чтобы создать видимость виртуального объекта, плавающего в реальном мире, а другой управляет освещенностью кадра, и

Инв. № подл	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата

заставляет картинку выглядеть «сфокусированной» на определенной точке в пространстве.

Другие компании работают над умными контактными линзами, которые разработаны, чтобы помочь людям с различными заболеваниями глаз. Исследователи Медицинского центра Колумбийского университета работают над умными контактными линзами, которые могут определить, насколько быстро прогрессирует глаукома у пациента. Заставив пациента носить линзу в течение всего 24 часов и постоянно отслеживая искривление хрусталика глаза пациента в течение этого времени, так врачи смогут гораздо лучше справляться с лечением, зная, как развивается болезнь.

Стартап под названием Medella работает над интеллектуальными контактными линзами для измерения уровня глюкозы, которые используют сенсоры и крошечные микросхемы в объективе для контроля уровня глюкозы, а затем используют антенну для передачи данных на смартфон пользователя через Bluetooth, концепция, аналогичная проекту Verily. Эти медицинские сенсорные контактные линзы, вероятно, будут первыми на рынке, возможно, в течение двух лет.

Как бы долго ни длились временные рамки, постоянно уменьшающаяся в размерах электроника так же неизбежна, как смерть и налоги. Эта неизбежная усадка вдохновит на всевозможные идеи для электронных умных контактных линз, включая многие, о которых мы еще не слышали и которые создаются в данный момент.

Мы также можем рассчитывать на интеллектуальные контактные линзы, работающие в тандеме с другими

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 42

носимыми устройствами, особенно портативные вычислительные устройства, которые дадут нам большинство преимуществ умных часов или смартфонов, но без каких-либо видимых электронных гаджетов.

Таким образом, мы узнали о разработках умных контактных линз и их возможностях в текущий момент времени, что позволяет перенять и использовать этот опыт в собственной разработке. Так как использование линз с датчиками позволит отслеживать различные процессы в глазе, позволяя наиболее точно определять заболевания или же корректировать терапию в зависимости от происходящих процессов.

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист
						43
						Изм Лист №докум Подп Дата

2 РАЗРАБОТКА МЕДИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ К ЭЛЕКТРОННОМУ ОФТАЛЬМОЛОГИЧЕСКОМУ ИНСТИЛЛЯТОРУ

2.1 Особенности проектной документации

Проектная документация является важной частью управления проектами. Это подтверждается двумя основными функциями документации: требовательность к условиям выполнения проекта, и установление прослеживаемости процесса создания.

Документация должна заложить основу для качества, сопровождении на всех этапах производства и истории как для отдельного документа, так и для всей проектной документации. Также чрезвычайно важно, чтобы документация была правильно оформлена и легко читалась.

Опытные менеджеры проектов преуспевают в создании и следовании стандартным шаблонам для своих проектных документов. Они повторно используют успешные планы проекта, бизнес-кейсы, листы требований и отчеты о состоянии проекта, чтобы помочь им сосредоточиться на своей основной компетенции управления проектом, а не балансировать неуправляемую бумажную работу.

Цель технико-экономического обоснования состоит в том, чтобы исследовать и продемонстрировать требования к задачам и определить, является ли проект целесообразным и осуществимым. Осуществимость подтверждается пятью основными факторами - технологией и системой, экономическими, юридическими, эксплуатационными и

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата
-------------	--------------	------------	--------------	-------------

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

графиком. Вторичные факторы осуществимости включают рыночные, ресурсные, культурные и финансовые факторы.

Устав проекта иногда также называют обзором проекта. Устав проекта включает высокоуровневые компоненты планирования проекта, закладывая фундамент для проекта. Он действует как якорь, удерживая вас на цели проекта и направляя вас как навигатора по вехам. Это официальное утверждение проекта.

Документ спецификации требований - это полное описание системы, которая будет разработана. Он содержит все взаимодействия пользователей с системой.

Проектный документ демонстрирует высокоуровневые или низкоуровневые компоненты системы. Проектная документация, используемая для проектирования высокого уровня, постепенно развивается и включает детали проектирования низкого уровня. Этот документ описывает архитектурные стратегии системы.

Рабочий план устанавливает фазы, действия и задачи, необходимые для реализации проекта. Сроки, необходимые для реализации проекта, а также ресурсы и этапы, также указаны в рабочем плане. Рабочий план постоянно упоминается на протяжении всего проекта. Фактический прогресс оценивается ежедневно в соответствии с заявленным планом и, следовательно, является наиболее важным документом для успешной реализации проектов.

Система отслеживания проблем управляет и поддерживает список проблем. Это помогает добавлять проблемы, назначать их людям и отслеживать статус и текущие обязанности. Это также помогает создать базу

Инд.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инд.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ

знаний, которая содержит информацию о решениях общих проблем.

Документ управления изменениями используется для регистрации прогресса и записи всех изменений, внесенных в систему. Это помогает связать непредвиденные неблагоприятные последствия изменений.

Тестовый документ включает план тестирования и контрольные примеры. Тестовый пример - это подробная процедура, которая полностью тестирует функцию или аспект функции. В то время как план тестирования описывает, что тестировать, тестовый пример описывает, как выполнить определенный тест.

Технический документ включает определение и спецификацию продукта, проектирование, изготовление / разработку, обеспечение качества, ответственность за продукт / систему, представление продукта, описание функций, функций и интерфейсов, безопасное и правильное использование, обслуживание и ремонт технического продукта, а также его безопасность. удаление.

Функциональные характеристики определяют внутреннюю работу предлагаемой системы. Они не включают спецификацию того, как будет реализована функция системы. Вместо этого в этой проектной документации основное внимание уделяется тому, что различные другие агенты (например, люди или компьютер) могут наблюдать при взаимодействии с системой.

Руководство пользователя - это описание стандартной работы системы для пользователя.

План развертывания включает подробные инструкции о том, как внедрить систему в организации. Он включает в себя

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 46

схематическое планирование этапов и этапов развертывания. Он также описывает план обучения для системы.

Документ передачи - это краткий обзор системы со списком всех результатов системы.

Заккрытие контракта относится к процессу выполнения всех задач и условий, которые упоминаются как подлежащие доставке и невыполненные при первоначальной разработке контракта. Это применимо только в случаях аутсорсинговых проектов [38].

2.2 Медико-технические требования

Как и любой прибор, выбранный нами для проектирования, должен соответствовать метрологическим и в нашем случае медицинским нормам, для более длительного срока эксплуатации и безопасности использования на человеке (без вреда для здоровья). Для таких приборов, связанных с медициной существует ГОСТ Р 15.013-94 [39], который устанавливает порядок разработки, проведения испытаний, приемки образцов новых и модернизированных медицинских изделий, а также порядок выдачи разрешений для их серийного производства.

1 Наименование и область применения изделия

1.1 Наименование и обозначение изделия (полное и сокращенное)

Электронный офтальмологический инстиллятор (далее прибор)

1.2 Область применения

Разрабатываемый прибор предназначен для отслеживания уровня жидкости на поверхности глазного

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист
						47
						Изм Лист №докум Подп Дата

своевременного его поддержания; удобство использования, позволяющее использовать прибор в бытовых условиях.

5 Источники разработки

5.1 Патентные исследования

6 Медицинские требования

6.1 Требования к выполнению изделием функциональных задач в лечебно-диагностическом процессе

Прибор должен обеспечивать своевременность и точность дозировки препарата.

6.2 Физический, медико-биологический, биохимический и т.д. эффекты или явление, на которых основан принцип действия изделия

Принцип действия основан на свойствах электропроводности жидких диэлектриков, путем замера электропроводности определяется уровень жидкости на поверхности глаза, чем меньше жидкости, тем хуже уровень проводимости.

6.3 Количество каналов, объемов исследования рабочих мест, число обслуживаемых пациентов, пропускная способность или производительность изделия

Количество каналов - 2, число обслуживаемых пациентов - 1.

6.4 Требования к средствам установки, контроля и регулирования режимов работы

Устройство может быть использовано как квалифицированными специалистами, так и в бытовых условиях, однако настройка производится исключительно специалистами.

6.5 Требования к способам и средствам отображения и регистрации медико-биологической информации

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист
						49
						Изм Лист №докум Подп Дата

Отображение снимаемой информации предусмотрено посредством протокола Bluetooth на компьютер или смартфон.

6.6 Требования к порядку взаимодействия между персоналом (медицинским, инженерно-техническим) и пациентом в процессе применения изделия

Прибор должен быть простым в эксплуатации как для медицинского персонала, так и для пользователя в бытовых условиях.

6.8 Специальные медицинские требования, определяемые назначением и принципом действия изделия

Специальные медицинские требования не предъявляются.

7 Технические требования

7.1 Состав изделия

7.1.1 Основные составные части изделия

1. Прибор;
2. Измеряющие линзы с электродами;
3. Трубки.

7.1.2 Запасные части и принадлежности

Запасные трубки

7.2 Показатели назначения

7.2.1 Технические параметры

1. Скорость реакции 3сек.
2. Точность дозировки от 0,05мл до 0,025мл.
3. Скорость регистрации измерений 1сек.

7.2.2 Метрологические характеристики средств измерения медицинского назначения по ГОСТ 8.009, ГОСТ 8.256, ГОСТ 22261 и стандартам на виды средств измерений

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Взам. инв. №
	Инв. № дубл.
	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата
-----	------	---------	------	------

Метрологические характеристики разрабатываемого прибора должны соответствовать требованиям ГОСТ 8.009, ГОСТ 8.256, ГОСТ 22261, а также стандартам на виды средств измерений.

7.2.3 Характеристики энергопитания

Аккумулятор, обеспечивающий постоянную работу не менее 32 часов.

7.2.4 Временные характеристики

7.2.4.1 Требуемое время непрерывной работы

Время непрерывной работы прибора должно составлять не менее 32 часов на одном заряде аккумулятора.

7.2.4.3 Время готовности (подготовки) к работе

Разрабатываемый прибор должен быть готов к работе не более чем через 30 секунд после запуска.

7.3 Условия эксплуатации (использования, транспортирования и хранения)

7.3.1 Требования устойчивости разрабатываемого изделия к воздействующим факторам внешней среды

7.3.1.1 Требования устойчивости к климатическим и механическим воздействиям при эксплуатации по стандартам на виды изделия

Прибор должен эксплуатироваться в закрытых помещениях в условиях:

Температура от -25 до +35 °С

атмосферное давление от 630 до 800 мм рт. ст.

влажность окружающей среды от 10 до 98%

7.3.1.2 Требования устойчивости к воздействиям медико-биологической среды применения или медицинских условий использования изделия

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Прибор должен быть исправным в процессе эксплуатации при номинальных значениях температуры от -25 до +35 °С, относительной влажности от 10 до 98%, давлении от 630 до 800 мм рт. ст.

7.3.1.3 Требования устойчивости изделия и (или) его составных частей к стерилизации или дезинфекции

Прибор должен быть устойчив ко всем видам дезинфекции, кроме термической.

7.3.1.4 Требования устойчивости к климатическим и механическим воздействиям при транспортировании

Условия транспортирования прибора соответствует условиям 5 по ГОСТ 15150.

7.3.2 Виды транспортных средств, необходимость крепления при транспортировании и защиты от ударов при погрузке и выгрузке

Транспортирование прибора допускается только в упакованном виде, в условиях, соответствующих группе 2 ГОСТ 15150-69.

Погрузку и выгрузку ящиков с приборами следует производить в соответствии с надписями на транспортной таре.

После транспортирования необходимо выдержать прибор в транспортной таре не менее 1 часов в нормальных условиях эксплуатации.

7.3.3 Требования к медицинскому и техническому персоналу

Работа с прибором и его ремонт может осуществляться как в бытовых условиях, так и квалифицированными специалистами. Для проведения профилактических и

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

ремонтных работ разрабатываемого прибора требуется инженер - специалист в области электроники.

7.3.4 Требования к периодичности и видам контроля технического состояния, обслуживания

Проверка работоспособности и внешний технический осмотр прибора должны проводиться не реже одного раза в год.

7.4 Требования безопасности по стандартам на виды изделий

7.4.1 Требования к уровням шума, радиации, излучений и т.д.

Шумовые характеристики разрабатываемого прибора должны соответствовать требованиям раздела 4 ГОСТ 12.1.003-83, СН 3057-84 и СН 2.2.4/2.1.8.583-96.

Уровень радиопомех, создаваемый при работе прибора не должен превышать значений, установленных ГОСТ 23511.

7.4.2 Требования к уровню вредных и опасных воздействий, возникающих при работе изделия

При эксплуатации прибора не должно возникать вредных и опасных воздействий.

7.4.3 Требования безопасности при монтаже, использовании, техническом обслуживании и ремонте (при необходимости)

Разрабатываемый прибор при монтаже, использовании, техническом обслуживании и ремонте должен соответствовать общим требованиям безопасности по ГОСТ Р 50267.0-92, ГОСТ Р МЭК 60601-1-1-2007.

В процессе эксплуатации разрабатываемого прибора должна быть исключена возможность его падения.

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата

7.4.4 Требования электробезопасности (для изделий, имеющих физический или электрический контакт с пациентом по ГОСТ 30324.0)

Разрабатываемый прибор по электробезопасности должен соответствовать классу II тип ВF ГОСТ Р 30324.0-95 и ГОСТ Р МЭК 60601-1-1-2007, а также требованиям ГОСТ Р 50267.26-95.

7.4.7 Требования к температуре наружных частей изделия

Температура наружных частей разрабатываемого прибора должна находиться в диапазоне от -30 до + °С.

7.5 Требования к надежности

7.5.1 Класс изделия и (или) его составных частей в зависимости от последствий отказов по ГОСТ 20790

В соответствии с ГОСТ 20790-93 изделие относится к классу Г 4 в зависимости от возможных последствий отказа в процессе использования.

7.5.2 Показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости изделий и (или) их составных частей (каналов, блоков и т.п.) по РД 50-707

В соответствии с РД 50-707-91 разрабатываемый прибор должен отвечать требованиям:

- вероятность безотказной работы не менее 0,9;
- средняя наработка на отказ - не менее 3 000 часов;
- средний срок службы до списания или до ремонта - не менее 3 лет.

7.5.3 Метод и стадия контроля показателей надежности

Контроль показателей надёжности разрабатываемого прибора проводится в соответствии с ГОСТ 27.301-95 и РД 50-707-91.

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

7.6 Требования к конструктивному устройству

7.6.1 Габаритные размеры, масса (объем) изделия

Высота - не более 50 мм

Длина - не более 250 мм

Ширина - не более 50 мм

Масса - не более 0,4 кг

7.6.3 Требования к материалам, полуфабрикатам и комплектующим изделиям

Материалы, полуфабрикаты и комплектующие изделия, входящие в состав разрабатываемого прибора, должны быть легкодоступны для приобретения.

7.6.4 Требования к покрытиям и средствам защиты от коррозии

Металлические части изделий должны быть изготовлены из коррозионностойких материалов или защищены от коррозии защитными или защитно-декоративными покрытиями в соответствии с ГОСТ 9.032, ГОСТ 9.301, ГОСТ 9.302.

7.6.5 Требования к параметрическому и конструктивному сопряжению с другими изделиями для работы в комплексе

Прибор не работает в сопряжении с другими изделиями.

7.6.7 Требования взаимозаменяемости сменных сборочных единиц и частей

Используемый аккумулятор в разрабатываемом приборе должен быть взаимозаменяемым.

7.7 Эргономические требования

7.7.1 Требования, обеспечивающие соответствие изделия антропометрическим возможностям человека

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист
						55
						Изм Лист №докум Подп Дата

Кнопки управления разрабатываемого прибора должны соответствовать требованиям ГОСТ 21753-76.

7.8 Эстетические требования

По технической эстетике разрабатываемый прибор должен соответствовать требованиям ГОСТ 20.39.108-85.

7.9 Требования патентной чистоты и патентоспособности

7.9.2. Наличие в разрабатываемом изделии технических решений, защищенных патентами

Устройство должно быть разработано на основе заявки на изобретение «Съемная насадка для инфракрасного термометра» (2013140648/14 от 04.09.2013).

7.10 Требования к маркировке и упаковке

7.10.1 Требования к качеству маркировки, содержанию, способу и месту нанесения маркировки

На прибор должна быть нанесена маркировка в соответствии с требованиями ГОСТ Р 50444-92 (ГОСТ 20790-93), ГОСТ Р ИСО 15223-2002, ГОСТ Р 50267.26-95.

7.10.2 Требования к консервации и упаковке изделия, в том числе требования к таре, материалам, применяемым при упаковке, и т.д.

Упаковка должна обеспечивать защиту от воздействия механических и климатических факторов во время транспортирования и хранения в соответствии с требованиями ГОСТ 20790-93.

8 Метрологическое обеспечение

8.1 Прибор должен проходить поверку не менее 1 раза в год.

9 Экономические показатели

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист
						56
						Изм Лист №докум Подп Дата

9.1 Источник финансирования

Собственные финансовые средства.

9.2 Ориентировочная стоимость изделия на момент разработки

Ориентировочная стоимость на момент разработки не более 10000 рублей.

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ губл.	Подп.и дата					Лист
Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ				57

3 ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОЙ СХЕМЫ УСТРОЙСТВА

Для лучшего понимания принципа работы прибора необходимо составить структурную схему, которая будет отражать основные блоки, из которых состоит прибор, и демонстрировать связи между ними, отражая принцип работы устройства.

Структурная схема прибора представлена на рисунке 5, с ее помощью можно определить основные функциональные блоки прибора, и принцип его работы.

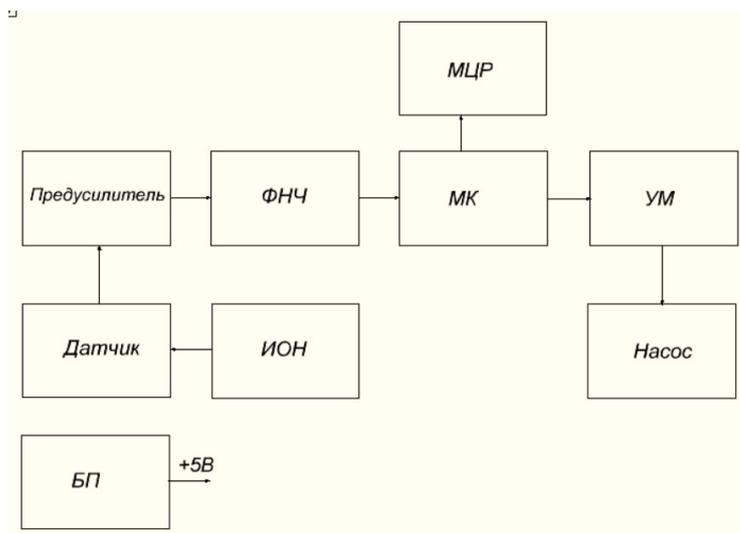


Рисунок 5 - Структурная схема прибора

Сигнал с датчиков, установленных в специальных линзах, точность которых обеспечивается наличием стабильного напряжения с помощью блока ИОН, усиливается предусилителем, после чего фильтруются с помощью ФНЧ, затем попадает на микроконтроллер, где встроенным АЦП преобразовываются и затем обрабатываются микроконтроллером, который принимает решение о дальнейших действиях, к примеру: в случае низкой

Интв.№ подл	Подп. и дата
Взам.инв.№	Подп. и дата
Интв.№ дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

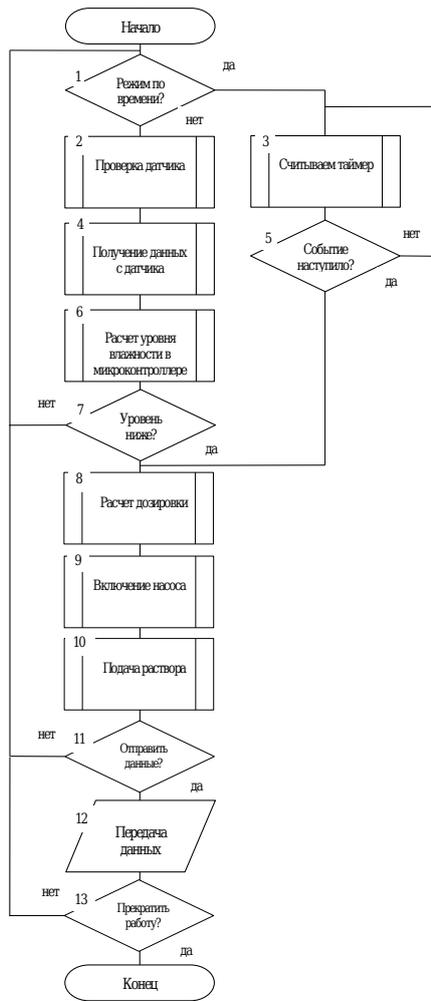


Рисунок 6 – Алгоритм работы прибора

Индв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Индв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

4 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ

4.1 Датчик и источник опорного напряжения

Для определения значения любого физического показателя, требуется датчик, в нашем случае в качестве датчиков будут использоваться пары электродов с переменным током. Измеряемый в приборе параметр - электропроводность раствора электролита, она может быть найдена, если измерить активное сопротивление между погруженными в него электродами. Для измерения сопротивления используются переменный ток, так как постоянный ток вызывает разложение раствора и поляризацию электродов.

В линзу встраиваются два электрода, подключенных по схеме простого делителя с высоким входным сопротивлением ($\approx 100\text{кОм}$), для устранения вредного воздействия токов, с датчика данные поступают на микроконтроллер, который уже будет производить вычисление активного сопротивления. Схема датчика отображена ниже на рисунке 7:

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 61
	Изм	Лист	№докум	Подп		

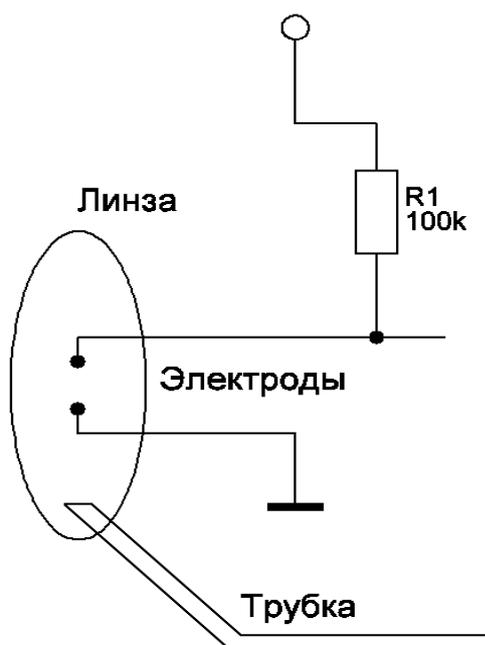
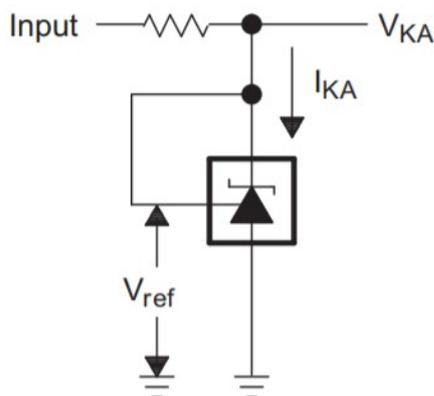


Рисунок 7 - Принципиальная схема датчика

Для улучшения точности сигнала с датчика, путем стабилизации напряжения на датчике, воспользуемся программируемым источником опорного напряжения TL431ACDBZR фирмы Texas Instruments с заданной термостойкостью. Выходное напряжение может быть установлено на любое значение между V_{ref} (приблизительно 2,5 В) и 36 В с двумя внешними резисторами. Это устройство имеет типичный выходной импеданс $0,2R$ [40]. Схема же ИОН представлена на рисунке 8.



Интв.№ подл	Подп. и дата
Взам.инв.№	Интв.№ дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

Рисунок 8 – Принципиальная схема ИОН

Характеристики

- 1 • Допуск эталонного напряжения при 25 °С
 - 0,5% (класс В)
 - 1% (класс А)
 - 2% (стандартная оценка)
- Регулируемое выходное напряжение: от V_{ref} до 36 В
- Условия эксплуатации: температура от -40 °С до 125 °С
 - Типичный температурный дрейф (TL43xВ)
 - 6 мВ (С Temp.)
 - 14 мВ (I Temp, Q Temp)
 - Низкий выходной шум
 - 0,2-Ом Типичный выходной импеданс

Схема активного выхода обеспечивает очень четкую характеристику включения, что делает это устройство отличной заменой стабилитронов во многих аспектах, таких как встроенное регулирование, регулируемые источники питания и импульсные источники питания. Кроме того, низкий выходной дрейф в зависимости от температуры обеспечивает хорошую стабильность во всем диапазоне температур.

4.2 Фильтр нижних частот и предусилитель

Фильтр низкой частоты (ФНЧ, low-pass filter) – это устройство, подавляющее частоты сигнала выше частоты среза данного фильтра. На рисунке приведена амплитудно-

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп. и дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист
						63
						Изм Лист №докум Подп Дата

частотная характеристика типичного ФНЧ. Единице условно присвоена максимальная амплитуда сигнала, точка с амплитудой 0,7 (-3 дБ) соответствует частоте среза ФНЧ, относительно которой производится расчёт ФНЧ по большинству существующих методик. От нулевой частоты до частоты среза ФНЧ находится полоса частот пропускания, справа - полоса частот подавления (задержания).

Подавление высокочастотных составляющих частот сигнала приводит к подавлению деталей сигнала с большими скоростями нарастания. ФНЧ всегда сглаживает сигнал, внося собственную задержку фильтра. Постоянную составляющую сигнала ФНЧ всегда пропускает [41].

ФНЧ традиционно применяют для улучшения сигнал/шум сигнального тракта за счёт подавления помех с частотами выше, чем верхняя граница полосы частот информационного сигнала. ФНЧ также широко применяют для подавления высокочастотных помех в цепях питания и сигнальных цепях в целях обеспечения электромагнитной совместимости аппаратуры. Схема ФНЧ 2 порядка показана на рисунке 9.

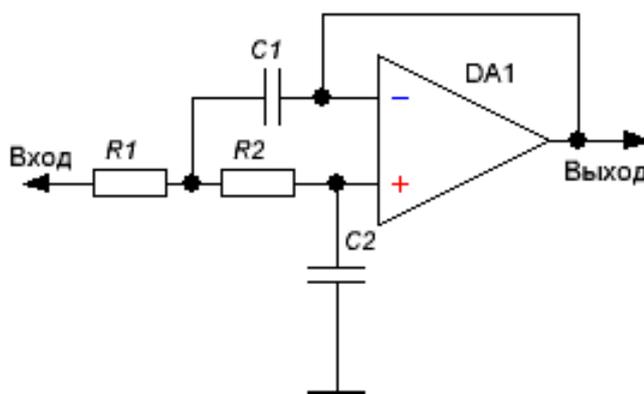


Рисунок 9 - ФНЧ фильтр 2 порядка

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

Для улучшения преобразования сигнала в АЦП поставим предусилитель на входе МК. Предусилитель (предварительный усилитель) — электронный усилитель, который преобразует слабый (по напряжению или по нагрузочной способности) электрический сигнал в более мощный [42]. В нашем устройстве мы будем использовать операционный усилитель фирмы Microchip Technology - MCP601, он входит в семейство операционных усилителей малой мощности, предлагается в сингле (MCP601), сингл с Chip Select - (MCP603), двойной (MCP602) и четырехъядерной (MCP604) конфигурации. Эти операционные усилители используют передовые CMOS-технологии, которые обеспечивают низкий ток смещения, высокую скорость работы, высокий коэффициент усиления разомкнутого контура и прямую передачу выходного сигнала. Это ОУ работает с одним напряжением питания, которое может быть всего 2,7 В, в то время как ток 230 мкА (типичный) для тока покоя идет на усилитель мощности. Кроме того, дифференциальное входное напряжение диапазон которого меньше на 0,3 В земли, что делает эти усилители идеально подходящими для работы от одного источника. Эти устройства подходят для работы на малой мощности батареи, для управляемых цепей из-за низкого тока покоя, для А/Д преобразователей усилителя драйвера из-за их широкой пропускной способности или для фильтров сглаживания в силу их низкого входного тока смещения.

MCP601, MCP602 и MCP603 доступны в стандартных 8-пиновых вариантах конфигурации: PDIP, SOIC и TSSOP.

Инв. № подл	Подп. и дата
	Взам. инв. №
	Инв. № дубл.
	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата
-----	------	---------	------	------

Так же ОУ семейства, как промышленные, так и расширенные имеют широкие температурные диапазоны и диапазон электропитания от 2,7 до 6,0 В. [43]. Принципиальная схема усилителя отображена на рисунке 10.

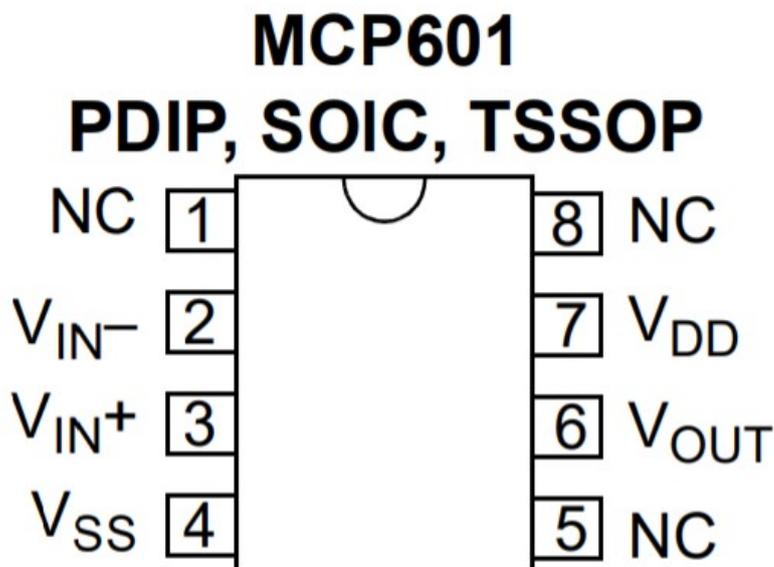


Рисунок 10 – Принципиальная схема предусилителя

Основные характеристики:

- Однополярное питание: от 2,7 В до 6,0 В
- Rail-to-Rail выход
- Диапазон входных данных включает землю
- Gain Bandwidth Product: 2,8 МГц
- Unity-Gain Stable
- Низкий ток покоя: 230 мкА
- Температурные диапазоны:
 - Промышленный: от -40 ° С до + 85 ° С
 - Расширенный: от -40 ° С до + 125 ° С
- Доступно в одном, двух и четырех

Инд.№ подл	
Подп. и дата	
Взам.инв.№	
Инд.№ дубл.	
Подп. и дата	
Инд.№ инв.	
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум	Подп Дата

4.3 Микроконтроллер

В качестве микроконтроллера для обработки данных был выбран ATmega168 компании Atmel. Его основные преимущества: доступность для приобретения и простота программирования. Внешне МК представлен на рисунке 11.

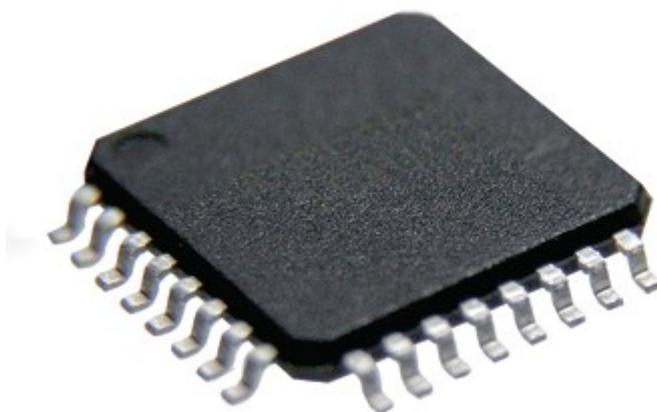


Рисунок 11 - Внешний вид микроконтроллера

Характеристики микроконтроллера ATmega 168 [44]:

- Высокопроизводительный 8-разрядный микроконтроллер Atmel® AVR® с низким энергопотреблением
- Продвинутая архитектура RISC
- 32 × 8 рабочих регистров общего назначения
- Пропускная способность до 20 команд на 20 МГц
- 2-тактный множитель на кристалле
- Высоконадежные сегменты энергонезависимой памяти
- 16 Кбайт встроенной в систему самопрограммируемой флэш-памяти
- 512 байт EEPROM

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата	Лист
ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ					

- Внутренняя SRAM 1Kbytes
- Запись/стирание циклов: 10000 flash / 100000 EEPROM
- Хранение данных: 20 лет при 85 °C/100 лет при 25 °C
- Дополнительный раздел загрузочного кода с независимыми битами блокировки

Истинная операция чтения во время записи

- Блокировка программирования для безопасности программного обеспечения

- Счетчик реального времени с отдельным генератором
- Шесть каналов широтно-импульсной модуляции
- 6-канальный 10-разрядный АЦП в корпусе PDIP
- Программируемый серийный USART
- Последовательный интерфейс SPI
- Двухпроводной последовательный интерфейс I2C
- Программируемый сторожевой таймер с отдельным встроенным генератором

- Встроенный аналоговый компаратор
- Специальные функции микроконтроллера
- Система отладки на чипе DebugWIRE
- Сброс при включении питания и программируемое обнаружение отключения

- Внутренний откалиброванный генератор
- Внешние и внутренние источники прерываний
- Пять спящих режимов: режим ожидания, шумоподавление АЦП, энергосбережение, отключение питания и режим ожидания.

- ввод / вывод и пакеты
- 23 программируемых линий ввода / вывода
- Рабочее напряжение:
- 2,7 В - 5,5 В

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

- Диапазон температур:
От -40 ° С до 85 ° С
 - Оценка скорости:
- 0 - 4 МГц при 1,8 В - 5,5 В, 0 - 10 МГц при 2,7 В - 5,5 В
 - Низкое энергопотребление
- Активный режим:
250 мкА при 1 МГц, 1,8 В
15 мкА при 32 кГц, 1,8 В (включая генератор)
 - Режим выключения:
0,1 мкА при 1,8 В
- На рисунке 12 отображена распиновка МК.

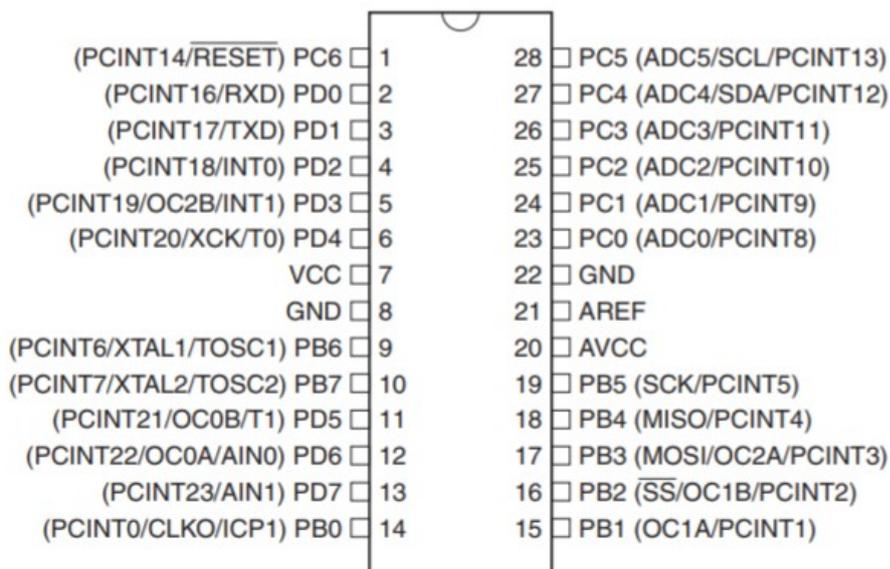


Рисунок 12 - Расположение входов на плате, в корпусе PDIP

Входы на схеме расположены сгруппированными что позволяет подключать параллельно однотипные устройства. Названия выходов соответствуют таким названиям у других МК семейства AVR. Что позволяет использовать программы и классы, используемые для других МК этой же линейки, таких как ATmega 328P, ATmega 168, ATmega 88, ATmega 8.

Подп. и дата

Инь. № губл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инь. № подл

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата
-----	------	---------	------	------

На рисунке 13, посредством блок-схемы отображается процесс обмена информацией в МК.

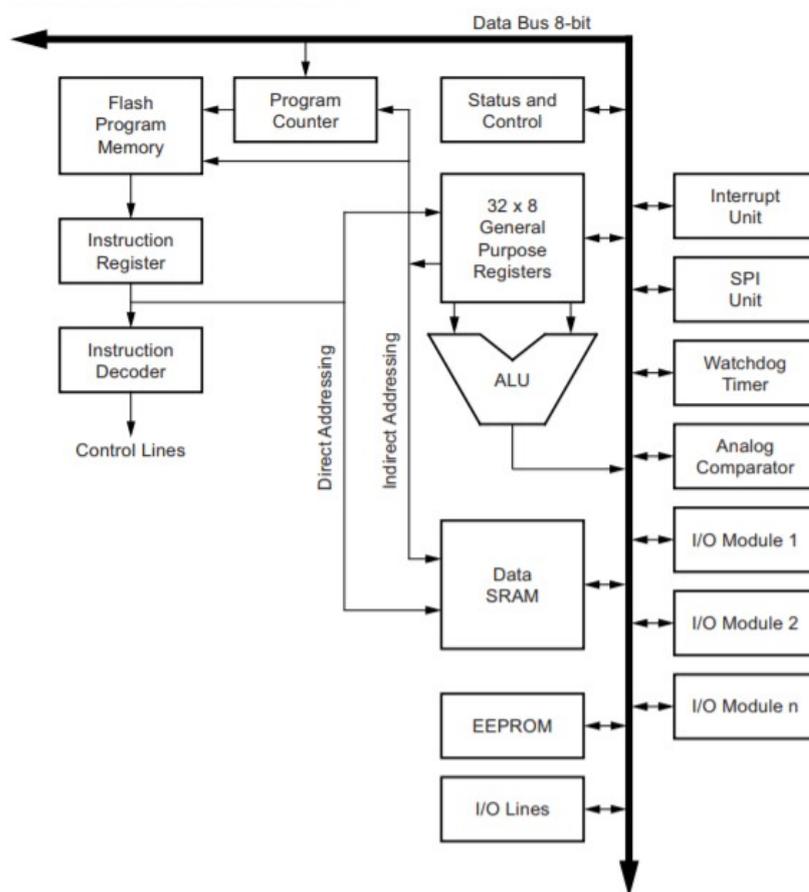


Рисунок 13 – Блок-схема обмена информацией в микропроцессоре

Данный микроконтроллер обладает довольно маленькими габаритами, которые позволяют использовать его даже в носимой электронике, количество свободных пинов позволит в дальнейшем проводить отладку с помощью программатора или подключать другие устройства, для расширения функционала. Встроенного АЦП хватит, для задач, возлагаемых на разрабатываемый прибор. Рабочие температуры прибора позволят использовать его даже в условиях выходящих за рамки средних значений температур в регионе. Возможность использования интерфейсов типа I2C

Индв.№ подл. Погр. и дата. Взам.инв.№ Инв.№ дубл. Погр. и дата. Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

и SPI даст возможность подключения большинства современных устройств.

4.4 Насос

После выбора процессора о необходимости введения раствора, из специального резервуара с помощью, помещенного в него, мембранного насоса жидкость поступает к поверхности глаза по специальным трубкам. Для обеспечения транспортировки раствора по трубкам, выбранный насос должен обладать достаточной мощностью, а также иметь мало энергопотребление. Внешний вид насоса, представленный на рисунке 14 позволяет нам убедиться, в миниатюрности устройства.



Рисунок 14 - Внешний вид насоса

Характеристики насоса [45]:

- Напряжение: 2,5-6В
- Рабочий ток: 130-220mA
- Мощность: 0,4-1,5 Вт

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

- Максимальный подъем: 40-110 см
- Расход: 80-120 л/ч
- Наружный диаметр выхода воды: прибл. 7,5 мм
- Внутренний диаметр: 4,7 мм
- Диаметр: 24 мм
- Длина: 45 мм
- Высота: 33 мм
- Длина провода: около 15-20 см (красный: "+", черный: "-")
- Непрерывный срок службы 500 часов

Данный насос питается от напряжения питания, сравнимого с напряжением питания микроконтроллера, что удобно при выборе источника питания, для прибора. Транспортировка раствора проходит по специальным трубкам из гипоаллергенного материала. Габариты насоса позволяют сохранять общие небольшие размеры самого прибора.

Однако из-за высокого энергопотребления и большой мощности, МК необходим усилитель мощности, в данном случае подойдет обычный транзисторный УМ, он позволит увеличить КПД нашего насоса и облегчить нагрузку на МК. Усилитель мощности был собран в системе модулирования Proteus и отображен на рисунке 15.

Инв.№ подл	Подп. и дата	Подп. и дата
	Взам. инв. №	Инв. № дубл.
	Взам. инв. №	Инв. № дубл.
	Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата
-----	------	---------	------	------

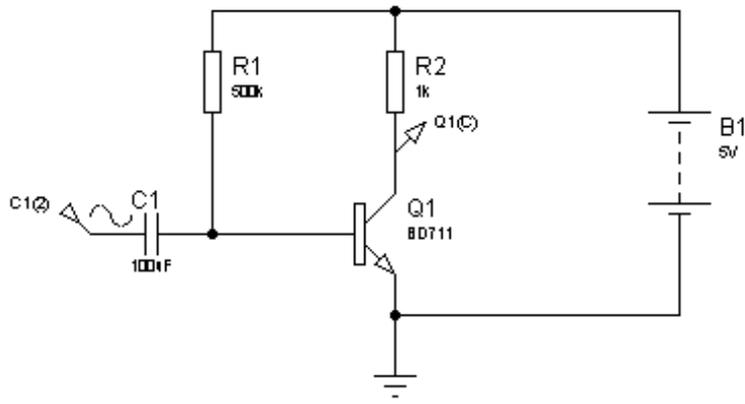


Рисунок 15 - Принципиальная схема УМ на транзисторах

4.5 Блок питания

В качестве источника питания используется литий-ионный аккумулятор. Так как номинальный ток аккумулятора 3,7В, то будем использовать повышающий преобразователь напряжения [46]. Схема принципиальная и внешний вид преобразователя напряжения отображены на рисунке 16.

INCLUDEPICTURE

"https://obyava.ua/img/classified/0/80/578/f733i2mx6up8100a.jpg

" * MERGEFORMATINET INCLUDEPICTURE

Интв.№ подл	Подп. и дата
Взам.инв.№	Интв.№ дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

"https://obyava.ua/img/classified/0/80/578/f733i2mx6up8100a.jpg

" * MERGEFORMATINET

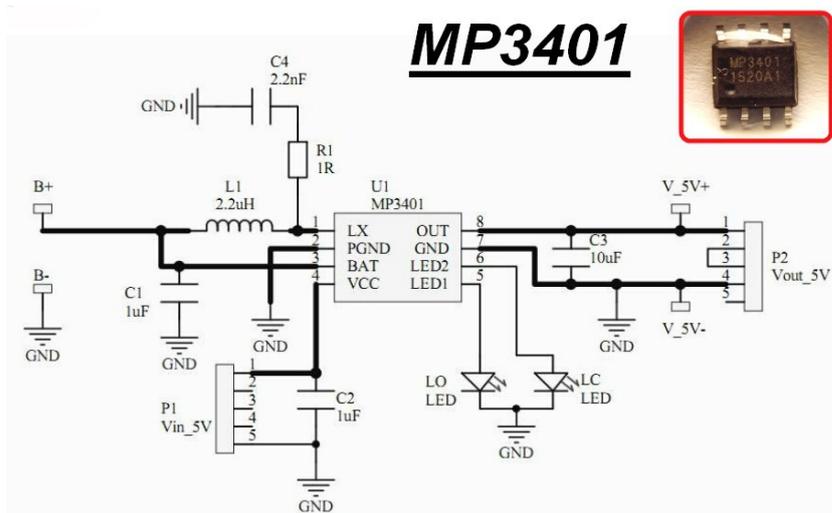


Рисунок 16 - Схема преобразователя напряжения в принципиальной схеме блока питания

Современные литий-ионные аккумуляторы оборудованы платой защиты, которая отключает их в случае падения напряжения ниже 3,2В. Внешний вид аккумуляторов показан на рисунке 17.



Рисунок 17 - Внешний вид литий-ионных аккумуляторов

Интв.№ подл	Подп. и дата
Взам.инв.№	Интв.№ дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

4.6 Модуль цифровой радиосвязи

Часто возникает необходимость дистанционного управления или передачи данных на телефон или другое устройство.

Радио - это система электронных коммуникаций. Все электронные системы связи имеют базовую форму, будь то проводная или беспроводная система. Информация, подлежащая передаче, обычно голосовая, сначала преобразуется в электрический сигнал с помощью микрофона. Этот сигнал затем обрабатывается схемами в передатчике, а затем отправляется через среду связи на приемник, который обрабатывает сигнал и преобразует его обратно в голос и выводит его через динамик или наушники. Изначально именно такой способ передачи информации называли беспроводным. Тогда это называлось радио. Сегодня термин беспроводной связи крайне актуален. Как бы то ни было, радио - это связь на расстоянии без какой-либо физической связи. Радио - довольно удобное решение, потому что оно абсолютно бесшумно и невидимо. Передача данных может происходить на расстоянии всего нескольких метров, по всему миру или между планетами и космическими кораблями. Радио существует уже более столетия и в широком масштабе это воспринимается как должное.

Bluetooth - это технология беспроводной связи малого радиуса действия, которая позволяет таким устройствам, как мобильные телефоны, компьютеры и периферийные устройства, передавать данные или голос по беспроводной связи на короткие расстояния. Цель Bluetooth - заменить

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата		
Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 76

кабели, которые обычно соединяют устройства, при этом сохраняя связь между ними.

Название «Bluetooth» взято от датского короля 10-го века по имени Харальд Bluetooth, который, как говорили, объединяет разрозненные, воюющие региональные группировки. Как и ее тезка, технология Bluetooth объединяет широкий спектр устройств в самых разных отраслях благодаря унифицированному стандарту связи.

Многие мобильные устройства имеют встроенные радиомодули Bluetooth. ПК и некоторые другие устройства, которые не имеют встроенных радиомодулей, могут включать Bluetooth, например, добавив ключ Bluetooth.

Процесс соединения двух устройств Bluetooth называется «сопряжением». Обычно устройства передают свое присутствие друг другу, и пользователь выбирает устройство Bluetooth, к которому он хочет подключиться, когда его имя или идентификатор появляется на их устройстве. По мере распространения устройств с поддержкой Bluetooth появляются проблемы знания, когда и к какому устройству вы подключаетесь, поэтому может потребоваться ввести код, который поможет вам подключиться к нужному устройству.

Этот процесс сопряжения может варьироваться в зависимости от используемых устройств.

Самыми популярными модулями являются устройства на основе чипа BC417. Эта серия называется HC. Модули HC-03 и HC-05 могут быть и сервером соединения, и клиентом, они обладают широким набором AT команд.

Одним из самых популярных и удобных способов является обмен данными через протокол Bluetooth. Для связи

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Инв.№ дубл.
	Взам.инв.№
	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 77

платы и компьютера используется интерфейс Serial-порта. Так как любая плата ATmega имеет хотя бы 1 последовательный порт, для подключения Bluetooth модуля не требуются специализированные библиотеки и схемы.

Все существующие типы модулей передачи данных имеют свои особенности, однако по функционалу они схожи. Одним из видов таких модулей является Bluetooth HC-06. Со стороны микроконтроллера модуль выглядит как обычный последовательный интерфейс, поэтому можно сразу настроить взаимодействие с прибором на компьютере [47]. Внешний вид платы отображен на рисунке 18 ниже.

Характеристики модуля:

- Питание 3,3В – 6 В;
- Максимальное входное напряжение 5 В;
- Максимальный ток 45 мА;
- Скорость передачи данных 1200–1382400 бод;
- Рабочие частоты 2,40 ГГц – 2,48ГГц;
- Поддержка спецификации bluetooth версии 2.1;
- Малое потребление энергии;
- Высокий уровень защиты данных;
- Дальность связи 30 м;
- Для подключения к смартфону используются следующие данные – пароль «1234», скорость передачи данных 9600, имя модуля HC-06.

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Инв.№ дубл.
	Взам.инв.№
	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

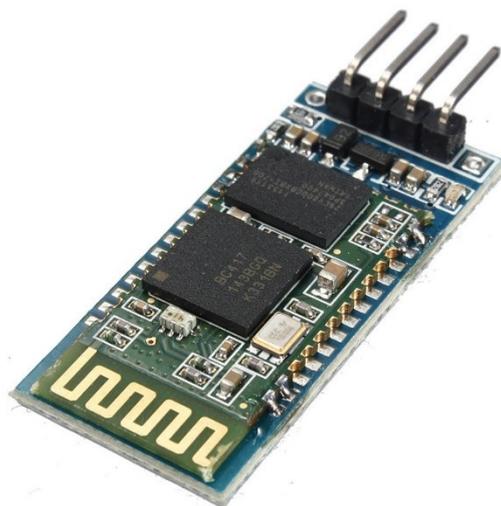


Рисунок 18 – Внешний вид модуля HC-06

Модуль HC-06 используется только в режиме slave, то есть он не может самостоятельно подключаться к другим устройствам Bluetooth. Все настройки для подключения «пароль, скорость передачи данных» можно изменить при помощи AT-команд. Что позволит использовать его рядом с другими устройствами, передающими данные по протоколу Bluetooth.

Таким образом мы выбрали элементную базу, для проектирования предполагаемого прибора.

Инв.№ подл	Подп. и дата	Подп. и дата
	Взам. инв. №	Инв. № дубл.
	Взам. инв. №	Инв. № дубл.
	Взам. инв. №	Инв. № дубл.

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

5 РАСЧЕТ И МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ В СИСТЕМЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

5.1 Основные принципы использования систем автоматизированного проектирования

Автоматизированное проектирование (САПР) - это использование компьютеров (или рабочих станций) для создания, модификации, анализа или оптимизации проектов. Программное обеспечение САПР используется для повышения производительности при разработке проектов, улучшения качества проектирования, улучшения посредством использования готовой документации и для создания базы данных для производства. САПР позволяет визуализировать проекты в форме электронных файлов для печати, обработки или других производственных операций. Термин CADD также используется для автоматизированного проектирования и черчения.

Его использование в проектировании электронных систем называют автоматизацией электронного проектирования (EDA). В инженерном проектировании - механической автоматизацией проектирования (MDA) или автоматизированное составление чертежей (CAD), которое включает процесс создания технического чертежа с использованием компьютерного программного обеспечения.

Программное обеспечение САПР для механического проектирования использует векторную графику для изображения объектов традиционного черчения или может также создавать растровую графику, отображающую общий

Инд.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инд.№ дубл.	Подп.и дата
------------	--------------	------------	-------------	-------------

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 80
-----	------	--------	------	------	---------------------	------------

вид проектируемых объектов. При составлении чертежей технических и инженерных чертежей вручную, выходные данные САПР должны отображать информацию, такую как материалы, процессы, размеры и допуски, в соответствии с соглашениями для конкретных приложений.

CAD может использоваться для проектирования кривых и фигур в двумерном (2D) пространстве; или кривые, поверхности и твердые тела в трехмерном (3D) пространстве [48].

САПР является важным промышленным инструментом, широко используемым во многих приложениях, в том числе в автомобильной, судостроительной и аэрокосмической промышленности, промышленном и архитектурном проектировании, протезировании и многих других. CAD также широко используется для создания компьютерной анимации для спецэффектов в фильмах, рекламных и технических руководствах, часто называемых созданием цифрового контента DCC. Современное повсеместное распространение и мощность компьютеров означает, что даже флаконы для духов и диспенсеры для шампуней разрабатываются с использованием технологий, невиданных инженерами 1960-х годов. Из-за своей огромной экономической важности, САПР был основной движущей силой исследований в области вычислительной геометрии, компьютерной графики (как аппаратной, так и программной) и дискретной дифференциальной геометрии.

В частности, дизайн геометрических моделей для форм объектов иногда называют компьютерным геометрическим дизайном (CAGD).

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Взам.инв.№
	Инв.№ дубл.
	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 81

В нашей стране САД-системы называют САПР – системы автоматизированного проектирования работ.

По определению, САПР — это организационно-техническая система, состоящая из совокупности комплекса средств автоматизации проектирования и состава специалистов подразделения проектной группы, выполняющих автоматизированное проектирование, которое является результатом деятельности проектной группы.

Из этого определения следует, что САПР — это не просто средство автоматизации, а система, состоящая из действий людей, занимающихся проектированием объектов. Потому автоматизация в проектировании как научно-техническая дисциплина отличается от обычного использования ЭВМ в данном процессе тем, что в ней рассматриваются вопросы создания системы, а не совокупность отдельных задач. Эта дисциплина является методологической, поскольку она обобщает черты, являющиеся общими для различных приложений.

Идеальная схема функционирования САПР представлена на рисунке 19.



Рисунок 19 - Схема функционирования САПР; КСА — комплекс технических средств

Это полностью согласуется с формулировкой, соответствующей существующим стандартам, и несоответствием действующим операционным системам, в

Интв.№ подл	Подп. и дата
Взам. инв.№	Подп. и дата
Интв.№ дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

которых не все проектные работы выполняются с использованием инструментов САПР, и не все разработчики используют эти инструменты.

Дизайнеры, как следует из определения, ссылаются на САПР. Это утверждение вполне законно, потому что САПР - это система автоматизированного, а не автоматического проектирования. Это означает, что часть проектных операций может и всегда будет выполняться людьми. В то же время в более продвинутых системах доля работ, выполняемых человеком, будет меньше, но содержание этих работ будет более творческим, и роль человека в большинстве случаев будет более ответственной.

Из определения САПР следует, что целью его работы является проектирование. Так же иногда имеют ввиду и дизайн - это процесс обработки информации, который в конечном итоге приводит к получению полной картины проектируемого объекта и способов его изготовления.

В практике автоматизированного проектирования полное описание проектируемого объекта и способов его изготовления должны содержать конструкторскую и техническую документацию. Что касается автоматизированного проектирования, то названия конечного конструкторского продукта, содержащего данные об объекте и технологии его создания, еще не легализованы. На практике это до сих пор называют «проектом».

Дизайн - один из самых сложных видов интеллектуальной работы, выполняемой людьми. Более того, процесс создания сложных объектов не под силу одному человеку и осуществляется творческими группами, коллективами. Это делает процесс проектирования более

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата

сложным и трудным, так как работа в команде сложный процесс, требующий одинаковой отдачи всех участников проектирования. Для автоматизации такого процесса, вы должны четко знать, что собираетесь проектировать и как это будет выполняться разработчиками. Опытным путем установлено, что изучение процессов проектирования и их формализация давались инженерам с большим трудом, поэтому автоматизация проектирования проводилась повсеместно и поэтапно, последовательно охватывая все новые этапы проектирования. Чем больше система была сегментирована, тем сложнее правильно сформулировать исходные данные для каждого сегмента, однако становится проще ее оптимизировать.

Объектом автоматизации проектирования является работа, действия человека, которые он выполняет в процессе проектирования. И та работа в сфере дизайна, называемая объектом дизайна.

Человек может спроектировать практически все что угодно - дом, машину, технологический процесс, промышленный продукт. Эти же объекты предназначены для проектирования САПР. В то же время, существуют CAD, называемые технологическими системами CAD TP.

Следовательно, объекты дизайна не являются объектами автоматизированного проектирования. В производственной практике объектом автоматизированного проектирования является все действия инженеров, которые разрабатывают продукт или технологический процесс, или и то, и другое, и обязательно документируют результаты разработки в виде конструкторской, технологической или эксплуатационной документации.

Инд.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инд.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ

Разделив весь процесс проектирования на этапы и операции, вы можете описать их с помощью определенных математических методов и выбрать инструменты для их автоматизации. После чего необходимо просмотреть выбранные для проекта операции и автоматизацию оборудования в комплексе и подобрать способы их соединения в единую систему, отвечающую всем целям отдельных операций.

При проектировании сложного объекта различные этапы проектирования могут повторяться множество раз. Это связано с тем, что дизайн - это естественно развивающийся процесс. Любая разработка начинается с общей концепции проектируемого объекта, на ее основе создается эскизный проект. Затем примерные решения (сметы) эскизного проекта уточняются на всех последующих этапах проектирования. В целом такой процесс можно визуализировать в виде спирали. Внизу этой спирали находится концепция проектируемого объекта, вверху - окончательные данные о проектируемом объекте. На каждом витке спирали, с точки зрения технологии обработки информации, выполняются одинаковые операции, но в возрастающем объеме. Следовательно, инструменты для автоматизации повторяющихся операций могут также быть одинаковыми.

Практически разрешить задачу формализации всего процесса проектирования в полном объеме будет очень сложно, но если хотя бы часть операций проектирования автоматизирована, то это уже оправдывает процесс, поскольку позволит вам продолжить разработку системы САПР, созданной на основе более продвинутых технических

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 85

решений и с экономическими преимуществами в сфере использования ресурсов.

В целом, для всех этапов проектирования продукта и последующей технологии производства можно выделить следующие основные виды типичных операций обработки информации:

- поиск и отбор из различных источников актуальной информации;
- анализ отобранной информации;
- выполнение расчетов;
- принятие проектных решений;
- разработка дизайнерских решений в форме, пригодной для дальнейшего использования (на последующих этапах проектирования)

Жизненный цикл промышленной продукции состоит из нескольких этапов, начиная от идеи создания нового продукта, до последующей переработки в конце срока его использования. Основные этапы жизненного цикла промышленной продукции представлены на рисунке 17. К ним относятся этапы проектирования, технологическая подготовка производства (ТПП), фактическое производство, продажа продукции, эксплуатация и, наконец, утилизация.

На всех этапах жизненного цикла продукта имеет свою целевую установку. В то же время участники жизненного цикла стремятся достичь своих целей с максимальной эффективностью. На таких этапах проектирования как ТПП и производство, необходимо обеспечить выполнение ТЗ с заданной степенью надежности продукта и минимизацией материальных и временных затрат, что, в свою очередь, необходимо, для достижения успеха в конкурентной борьбе

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

при рыночной экономике. Концепция эффективности включает в себя не только снижение затрат на производство и минимизацию времени проектирования и производства, а также обеспечение простоты использования и снижения затрат на последующую эксплуатацию продукции. Особое значение отдают требованиям простоты эксплуатации для особо-сложного оборудования, особенно в таких отраслях, как авиация или автомобили.

Достижение как-либо целей на современных предприятиях, производящих сложные промышленные продукты, невозможно без широкого использования автоматизированных систем, основанных на использовании компьютеров и предназначенных для создания, обработки и использования всей необходимой информации о свойствах продуктов и сопутствующих происходящих в них процессах. Особенности проблем, решаемых на разных этапах жизненного цикла продукта, обусловлены разнообразием используемых элементов.

Основные типы АС с их привязкой к тем или иным этапам жизненного цикла изделий показаны на рисунке 20.

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата

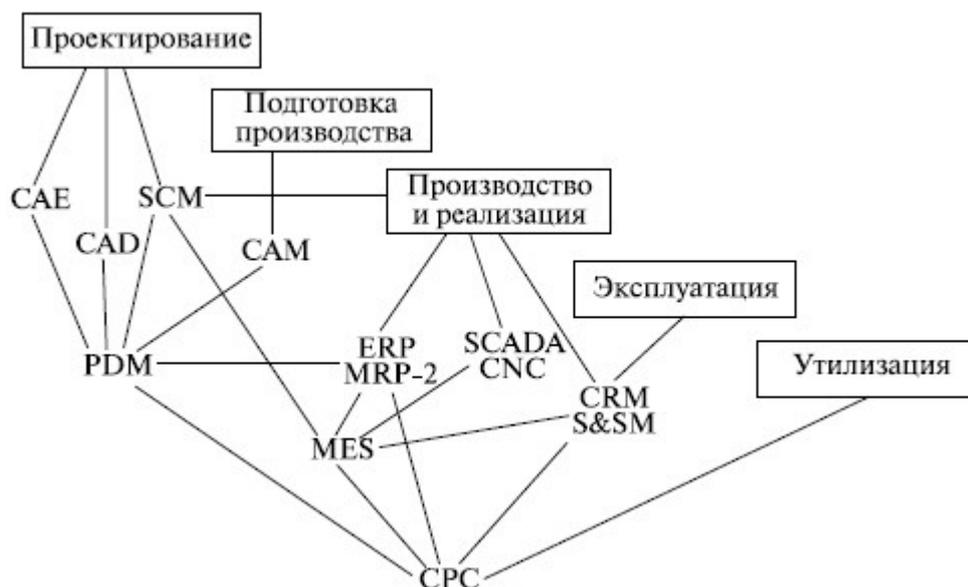


Рисунок 20 - Этапы жизненного цикла промышленных изделий и используемые АС

Автоматизация проектирования осуществляется с помощью САПР. В индустрии электронных САПР принято различать функциональные, проектные и технологические системы проектирования. Первые называются системами расчета и инженерного анализа, или системами автоматизированного проектирования (САЕ). Проектные инженерные системы называются системами автоматизированного проектирования. Проектирование технологических процессов является частью технологической подготовки производства и осуществляется в системах САМ (Computer Aided Manufacturing). Функции координации систем САЕ/САД/САМ, управления проектными данными и проектирования возложены на систему управления данными проекта РДМ (Product Data Management).

Уже на этапе проектирования возникает необходимость в услугах по управлению цепочками поставок (SCM -

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

Управление цепочками поставок), которые иногда называют компонентами управления поставщиками (CSM). На этапе производства эта система управляет поставками необходимых материалов и комплектующих.

Информационная поддержка на этапе производства осуществляется автоматизированными системами управления предприятием (САМ) и автоматизированными системами управления процессами (САМ). Планирование ресурсов предприятия, планирование производства и потребности в материалах MRP-2 (Планирование потребностей в производстве), исполнительная система производства MES (Системы управления производством), а также SCM и система управления взаимоотношениями с клиентами CRM (Управление требованиями клиентов).

Автоматизированные системы управления технологическим процессом отслеживают и используют данные, описывающие состояние технологического оборудования и протекание технологических процессов. Их часто называют системами промышленной автоматизации.

Для выполнения функций диспетчера (сбора и обработки данных о состоянии оборудования и технологических процессов) и разработки программного обеспечения, для встраиваемого оборудования в систему управления процессами используется система SCADA. Непосредственное программное управление технологическим оборудованием осуществляется с помощью системы CNC (Computer Numeric Control) на основе микроконтроллеров (специализированных компьютеров, ориентированных на узкие задачи), которые встроены в технологическое оборудование.

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Как и любая сложная система, САПР состоит из подсистем. Различают дизайн подсистем и сервис.

Проектирование подсистем непосредственно выполняет процедуры проектирования. Примерами проектных подсистем являются подсистемы геометрического трехмерного моделирования механических объектов, производства проектной документации, анализа схем и трассировки соединений на печатных платах. Обслуживающие подсистемы обеспечивают функционирование проектирующих подсистем, их совокупность часто называют системной средой (или оболочкой) САПР. Типичными обслуживающими подсистемами являются подсистемы управления проектными данными, подсистемы разработки и сопровождения программного обеспечения CASE (Computer Aided Software Engineering), обучающие подсистемы для освоения пользователями технологий, реализованных в САПР.

Структурирование САПР по различным аспектам обуславливает появление видов обеспечения САПР. Принято выделять семь видов обеспечения САПР:

- техническое (ТО), включающее различные аппаратные средства (ЭВМ, периферийные устройства, сетевое коммутационное оборудование, линии связи, измерительные средства);
- математическое (МО), объединяющее математические методы, модели и алгоритмы для выполнения проектирования;
- программное, представляемое компьютерными программами САПР;

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

- информационное, состоящее из базы данных, СУБД, а также включающее другие данные, которые используются при проектировании; отметим, что вся совокупность используемых при проектировании данных называется информационным фондом САПР, база данных вместе с СУБД носит название банка данных;

- лингвистическое, выражаемое языками общения между проектировщиками и ЭВМ, языками программирования и языками обмена данными между техническими средствами САПР;

- методическое, включающее различные методики проектирования; иногда к нему относят также математическое обеспечение;

- организационное, представляемое штатными расписаниями, должностными инструкциями и другими документами, которые регламентируют работу проектного предприятия.

Классификацию САПР осуществляют по ряду признаков, например по приложению, целевому назначению, масштабам (комплексности решаемых задач), характеру базовой подсистемы — ядра САПР.

По приложениям наиболее представительными и широко используемыми являются следующие группы САПР:

- САПР для применения в отраслях общего машиностроения. Их часто называют машиностроительными САПР или системами MCAD (Mechanical CAD);
- САПР для радиоэлектроники: системы ECAD (Electronic CAD) или EDA (Electronic Design Automation);
- САПР в области архитектуры и строительства.

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

Кроме того, известно большое число специализированных САПР, или выделяемых в указанных группах, или представляющих самостоятельную ветвь классификации. Примерами таких систем являются САПР больших интегральных схем (БИС); САПР летательных аппаратов; САПР электрических машин и т. п.

По целевому назначению различают САПР или подсистемы САПР, обеспечивающие разные аспекты (страты) проектирования. Так, в составе MCAD появляются рассмотренные выше CAE/CAD/CAM-системы [49].

5.2 Система автоматизированного проектирования Proteus

Сегодня существует много программ моделирования, которые заменяют реальное электронное оборудование (REA) виртуальными моделями. Такие программы позволяют отлаживать схемы, находить ошибки, допущенные на этапе проектирования, подбирать параметры элементов, изменять состав и многое другое без сборки реального устройства.

Одной из таких систем моделирования цепей является программа Proteus. Моделирование электронных компонентов - не единственная ее возможность. Proteus VSM, созданный ядром SPICE3F5 из Berkeley University Labcenter Electronics, представляет собой сквозную среду проектирования. Это означает создание устройства, начиная с графического изображения его концепции и заканчивая изготовлением печатной платы устройства с возможностью управления на каждом этапе производства.

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Взам.инв.№
	Инв.№ дубл.
	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист 92

Пользователь имеет доступ к обширной библиотеке моделей элементов, которую вы сможете пополнять самостоятельно, но для этого вам необходимо тщательно знать принципы работы элемента и уметь программировать на языках низкого уровня. Существует достаточный набор инструментов и функций, включая вольтметр, амперметр, осциллограф, различные генераторы, возможность отладки программного обеспечения микроконтроллера и многие другие инструменты.

Proteus VSM включает в себя более 6000 электронных компонентов со всеми справочными данными, а также демонстрационные ознакомительные проекты позволяющие понять принципы работы и возможности программы, на уже готовых моделях устройств [50]. Программа имеет инструменты USBCONN и COMPIM, которые позволяют подключить виртуальное устройство к USB и COM-портам компьютера. Когда к этим портам подключено какое-либо внешнее устройство, виртуальный канал будет работать с ним так, как если бы он существовал в реальности, что позволяет программировать устройство, непосредственно с компьютера, при наличии такой возможности микроконтроллера. Proteus VSM поддерживает следующие компиляторы: CodeVisionAVR и WinAVR (AVR), ICC (AVR, ARM7, Motorola), HiTECH (8051, PIC Microchip) и Keil (8051, ARM). Можно экспортировать модели электронных компонентов из программы PSpice.

Proteus VSM состоит из двух независимых программ: программы ISIS для прямого синтеза и моделирования электронных схем и программы ARES для разработки печатных плат. Кроме того, восьмая версия включает среду разработки VSM Studio, которая позволяет быстро написать

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Взам.инв.№
	Инв.№ дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

программу для микроконтроллера, используемого в проекте, и скомпилировать ее [51].

5.3 Моделирование и расчет компонентов в системе автоматизированного проектирования Proteus

Фильтр низких частот представлен активным фильтром второго порядка Саллена-Кея. Он фильтрует высокочастотные составляющие сигнала, которые не участвуют в анализе сигнала.

Активные RC фильтры используются на частотах ниже 100кГц. Положительная обратная связь позволяет увеличить добротность полюса фильтра. Применение конденсаторов с малой емкостью дает возможность выбирать такие их типы, которые обладают малыми потерями и высокой стабильностью своих параметров.

При создании активных фильтров сам фильтр разбивают на звенья по номеру порядка фильтра. Итоговая АЧХ получается перемножением характеристик всех звеньев. Применение активных элементов (транзисторов, операционных усилителей) позволяет исключить влияние друг на друга элементов в проекте и использовать их независимо. Это сильно упрощает и делает более дешевым проектирование и настройку таких активных фильтров.

Наибольшее распространены схемы активных фильтров второго порядка, позволяющие реализовать большую крутизну спада АЧХ по сравнению со схемами фильтров первого порядка. Кроме того, эти звенья позволяют настраивать частоту полюса на заданное значение,

Инв.№ подл	Подп. и дата
	Взам. инв.№
	Инв.№ дубл.
	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

полученное при аппроксимации амплитудно-частотной характеристики [52].

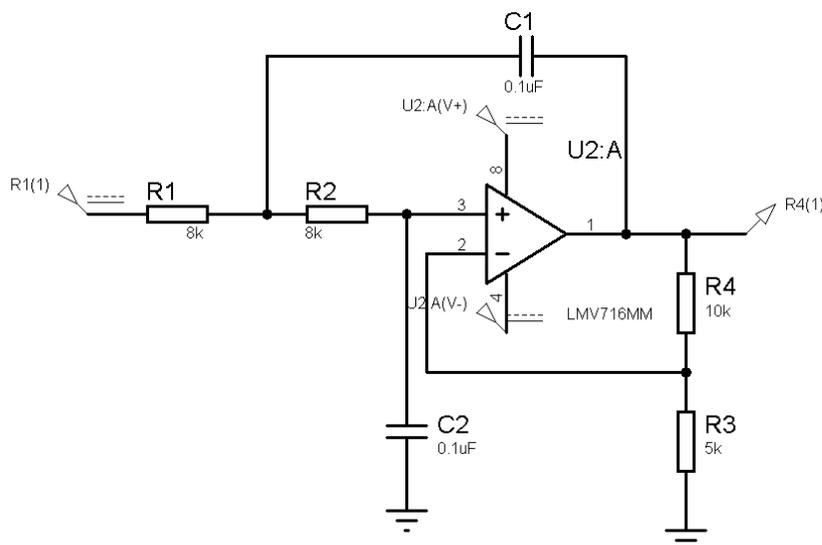
Частота среза выбирается исходя из частоты дискретизации сигнала и выбирается равной 2 Гц. Частотоподающим элементом является RC-цепочка. Частота среза определяется формулой 1:

$$f_{cp} = \frac{1}{2\pi RC}, \quad (1)$$

выберем $C=10 \text{ мкФ}=C1=C2$. Положим $R1=R2=1$. Из формулы 2 имеем:

$$R = \frac{1}{2\pi f_{cp} C}; R=8 \text{ КОМ}. \quad (2)$$

коэффициент усиления K равен отношению сопротивлений, стоящих в обратной связи $R4$ и $R3$. Так как $K=2$, то эти сопротивления будут равны $R4=10 \text{ КОМ}$ и $R3=5 \text{ КОМ}$. Схема ФНЧ представлена на рисунке 21.



Индв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Индв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

Рисунок 21 - Схема ФНЧ в Proteus

АЧХ полученного фильтра представлена на рисунке 22, а осциллограмма на рисунке 23.

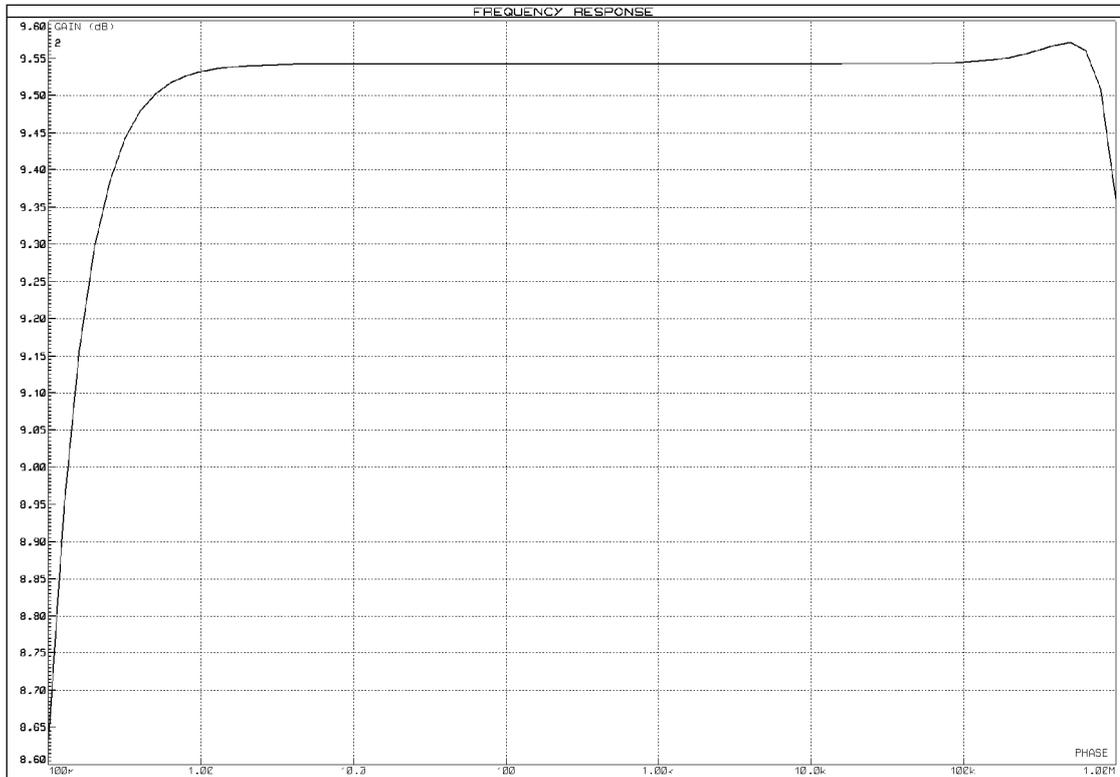


Рисунок 22 - Амплитудно-частотная характеристика полученного фильтра

Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл

Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата

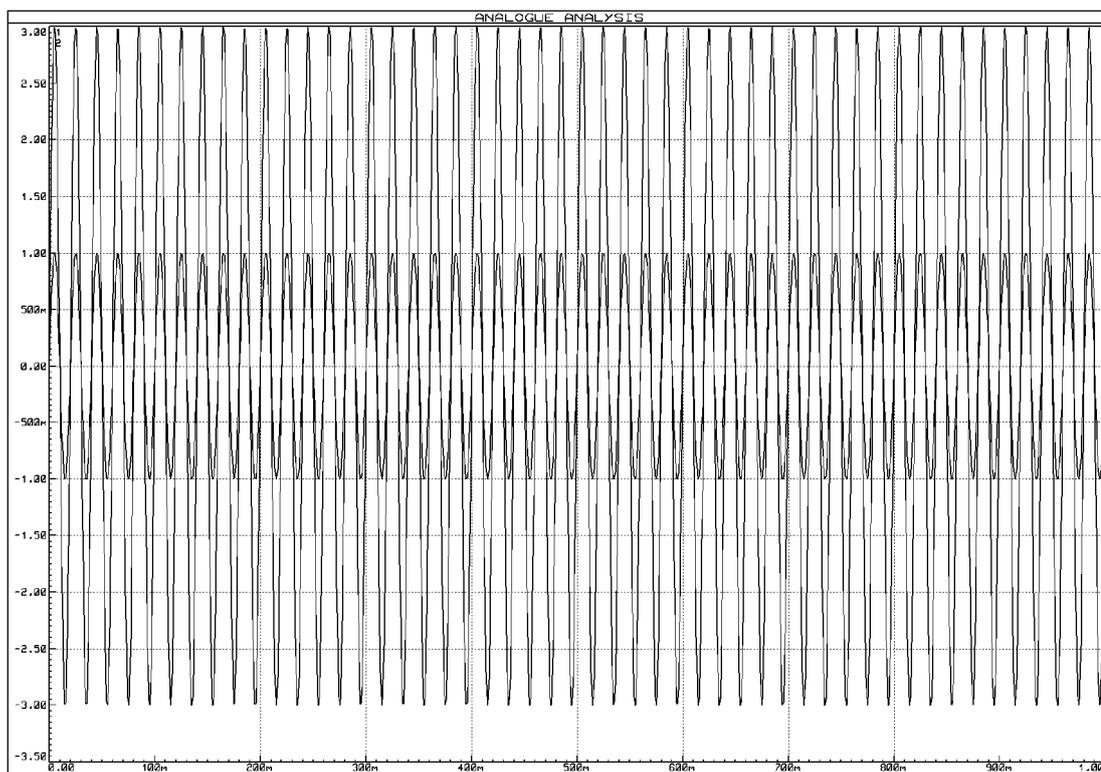


Рисунок 23 – Осциллограмма фильтра

Усилители – устройства, позволяющие увеличивать значение характеристики сигнала, за счет питания. Усилители могут классифицироваться по их расположению в цепи, например, предварительный усилитель может предшествовать этапам обработки сигнала. Усилители в современном мире стали незаменимыми элементами многих классов электронных устройств. В нашем приборе необходим усилитель мощности, для улучшения работы насоса от МК. Мы выбрали простейший усилитель мощности на одном транзисторе, который отлично справляется со своей задачей в наших условиях.

Наш усилитель был создан и промодулирован в программе Proteus и представлен на рисунке 24.

Индв.№ подл	Подп. и дата
Взам.инв.№	Индв.№ дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

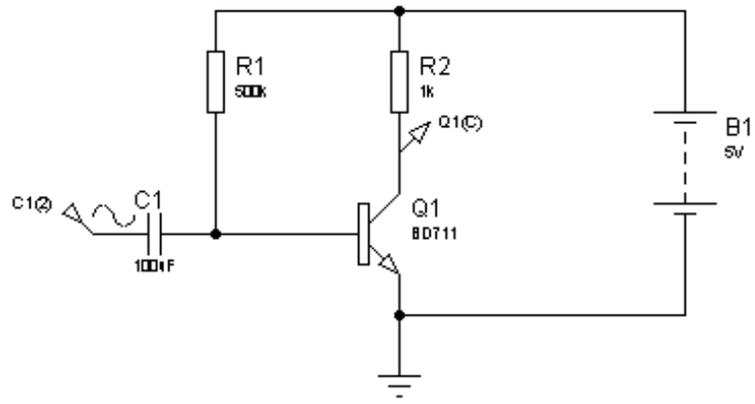


Рисунок 24 - Схема УМ на одном транзисторе

Индв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Индв.№ дубл.	Подп.и дата
Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Строение глаза // МЕДПОРТАЛ - Строение глаза. Глазные болезни. - М.: 1998—2019 «Медмедиа Холдинг». - URL: <http://medportal.ru/enc/ophthalmology/reading/1/> (дата обращения: 9.04.2019)

2. Введение лекарственных средств в глаз // Зооинформ - Офтальмология. Введение лекарственных средств в глаз. - 2019 «Информационно-издательский центр «Зооинформ» - [URL: http://zooinform.ru/vete/articles/vvedenie_lekarstvennykh_sredstv_v_glaz (дата обращения: 8.04.2019)

3. Diseases and Disorders // Bausch & Lomb - 2019 Bausch & Lomb Incorporated or its affiliates - URL: <http://www.bausch.com/your-eye-concerns/diseases-and-disorders> (дата обращения: 9.04.2019)

4. Макулярная эдема // Wikipedia - 2017 Wikimedia Foundation, Inc - URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Макулярная_эдема (дата обращения: 9.04.2019)

5. Кератоконус // Wikipedia - 2017 Wikimedia Foundation, Inc - URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Кератоконус> (дата обращения: 9.04.2019)

6. Отслоение сетчатки // Калужская клиника МТК «Микрохирургия глаза» - 2005-2018 МТК «Микрохирургия глаза» - URL: <http://mtk.mtk-mg.ru/for-patients/zabolevaniya/otsloenie-setchatki> (дата обращения: 9.04.2019)

7. Увеит // ICR Офтальмологический центр Барселона - Institut Català de Retina 2018 - URL: <https://>

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата
-------------	--------------	------------	--------------	-------------

Бровкина и др. под общ. ред. Е.А Егорова. - М.: Литтерра, 2004. - 954 с.

16. Майчук, Ю.Ф. Лекарственная терапия в лечении роговичных поражений при синдроме «сухого глаза» / Ю.Ф. Майчук, А.И. Щипанова, А.А. Лазенкова. - М., 1997. - 16 с.

17. Каменских, Т.Г. Современные подходы к диагностике и лечению синдрома «сухого глаза» / Т.Г. Каменских, Р.В. Калмыков, Саратовский государственный медицинский университет им. В.И. Разумовского // Офтальмология. - 2015. - № 4 - С.45.

18. Bourne, R.R.A. Causes of vision loss worldwide, 1990-2010: a systematic analysis / R.R.A. Bourne, G.A. Stevens, R.A. White // The Lancet Global Health - 2013. - Vol.1, No.6. - Pp.339-349.

19. Okeke, C.O. Adherence with topical glaucoma medication monitored electronically: the Travatan Dosing Aid study / C.O. Okeke, H.A. Quigley, H.D. Jampel // Ophthalmology - 2009. - Vol.116, No.2. - Pp.191-199.

20. Kass, M.A. Goldberg I. Part I. Patient administration of eyedrops: interview / M.A. Kass, E. Hodapp, M. Gordon, A.E. Kolker // Annals of Ophthalmology - 1982. - Vol.14, No.8. - Pp.775-779.

21. Brown, M.M. Improper topical self-administration of ocular medication among patients with glaucoma / M.M. Brown, G.C. Brown, G.L. Spaeth // Canadian Journal of Ophthalmology - 1984. - Vol.19, No.1. - Pp.2-5.

22. Пат. 2532333 Российская Федерация, МПК А61К 31/5575, А61Р 27/06. Внутриглазные системы доставки лекарственного средства с замедленным высвобождением и способы лечения глазных заболеваний / Робинсон М.Р., Бёрке

Интв.№ подл	Подп. и дата
	Взам.инв.№
Интв.№ дубл.	Подп. и дата
	Интв.№ дубл.

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата
-----	------	--------	------	------

Д.А., Лю Хуй, Орилла В.С., Спэйда Л.Т., Уиткап С., Гебремескел А.Н., Хьюс П.М., Сюй Кунь, До М.М.; патентообладатель Аллерган Инк. - № 2532333; заявл. 25.03.2010; опубл. 27.04.2013, Бюл. № 12. - 3с.

23. Sleath, B. Applying the resources and supports in self-management framework to examine ophthalmologist-patient communication and glaucoma medication adherence / B. Sleath, D. M. Carpenter, S. J. Blalock, // Health Education Research - 2015. - Vol.30, No.5. - Pp.693-705.

24. Dietlein, T. S. Self-application of single-use eyedrop containers in an elderly population: comparisons with standard eyedrop bottle and with younger patients. / T. S. Dietlein, J. F. Jordan, C. Lüke, A. Schild, S. Dinslage, G. K. Krieglstein // Acta Ophthalmologica - 2008. - Vol.86, No.8. - Pp.856-859.

25. Evaluating Eye Drop Instillation Technique and Its Determinants in Glaucoma Patients // ncbi.nlm.nih.gov. - 2018 Journal of Ophthalmology. - URL: <https://www.hindawi.com/journals/joph/2018/1376020/> (дата обращения: 15.04.2019).

26. Getting Drops Onto the Eye: Low-tech Solutions // reviewofophthalmology. - 2019 Jobson Medical Information LLC. - URL: <https://www.reviewofophthalmology.com/article/getting-drops-onto-the-eye-lowtech-solutions> (дата обращения: 15.04.2019).

27. O'Brien, P.D. Dry eye: diagnosis and current treatment strategies / P.D. O'Brien, L.M. Collum // Curr. Allergy Asthma Rep - 2004. - Vol. 4, No 4. - Pp. 314-319.

28. Gayton, J.L. Etiology, prevalence, and treatment of dry eye disease / J.L. Gayton // Clin. Ophthalmology - 2009. - Vol. 3. - Pp. 405-412.

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата

29. Perry, H.D. Medications for dry eye syndrome: a drug-therapy review / H.D. Perry, E.D. Donnenfeld // Management Care - 2003. - Vol. 12, Suppl.12. - Pp.26-32.

30. Dua, H.S. Classification and nomenclature. Dry eye / H.S. Dua // Ophthalmic Research. - 2004. - Vol.36. - Pp. 144.

31. Sheppard, J.D. Guidelines for the treatment of chronic dry eye disease / J.D. Sheppard // Management Care. - 2003. - Vol. 12, Suppl. 12. - Pp. 20-25.

32. Королева, И.А. Оптимизация выбора препаратов слезозаместительной терапии при синдроме «сухого глаза» / И.А. Королёва, Ж.Г. Оганезова, Е.А. Егоров // Клиническая Офтальмология - 2016. - № 4. - С. 227-231.

33. Robert, M. Changes in ocular aberrations after instillation of artificial tears in dry-eye patients / M. Robert, C. Araceli, L. Jorge // Cataract & Refractive Surgery. - 2004. - Vol. 30. - Pp.1649-1652.

34. Robert, M. Optical quality after instillation of eyedrops in dry-eye syndrome / M. Robert, C. Alejandro, G.-L. Santiago, O. Susana // Cataract & Refractive Surgery. - 2010. - Vol. 36. - Pp. 935-940.

35. Pascuale, M. Sequential changes of lipid tear film after the instillation of a single drop of a new emulsion eye drop in dry eye patients / M. Pascuale, E. Goto, C. G. Scheffer // Ophthalmology - 2010. - Vol. 36. - Pp. 935-940.

36. Raghav, G. Evaluating Eye Drop Instillation Technique in Glaucoma Patients / G. Raghav, P. Bharat, S.M. Bhavin, B.S. Jindal, M.K. Sanjay, D. Tanuj // Glaucoma - 2012. - Vol. 21. - Pp. 189-192.

Индв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Индв.№ губл.	Подп.и дата

37. Why a smart contact lens is the ultimate wearable // Computerworld - Why a smart contact lens is the ultimate wearable - 2019 IDG Communications, Inc. - URL: <http://www.computerworld.com/article/3066870/why-a-smart-contact-lens-is-the-ultimate-wearable.html> (дата обращения: 15.04.2019).

38. Verma, E. Проектная документация в современной проектной деятельности // Simplilearn - 2009-2019 Simplilearn - URL: <https://www.simplilearn.com/project-documentation-article> (дата обращения: 16.05.2019).

39. ГОСТ Р 15.013-94. Система разработки и постановки продукции на производство. Медицинские изделия. - Введ. 1995-01-01. - М.: ГОССТАНДАРТ РОССИИ, 1995. - 28с.

40. Паспорт программируемого источника опорного напряжения // ti.com. - 2019, Texas Instruments Incorporated. - URL: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl431.pdf> (дата обращения: 16.05.2019).

41. Фильтр низких частот // LCARD. - ООО «Л Кард», 2019. - URL: http://www.lcard.ru/lexicon/low_pass_filter (дата обращения: 15.05.2019).

42. Предусилитель // Wikipedia. - 2017 Wikimedia Foundation, Inc. - URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Предусилитель> (дата обращения: 16.05.2019).

43. Паспорт предусилителя // Microchip. - 1998-2019 Microchip Technology Inc. - URL: <https://www.microchip.com/wwwproducts/en/MCP601> (дата обращения: 16.05.2019).

44. Паспорт микроконтроллера ATmega 168 // MicroChip. - 2016 Atmel Corporation. - URL:

Интв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Интв.№ дубл.	Подп.и дата

http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-9365-Automotive-Microcontrollers-ATmega88-ATmega168_Datasheet.pdf (дата обращения: 15.05.2019).

45. Описание товара // AliExpress. - 2010-2019 AliExpress.com. - URL: <https://ru.aliexpress.com/item/DC-2-5-6-Pump120L/32869484514.html?spm=a2g0s.8937460.0.0.239f2e0eqOjFGE> (дата обращения: 15.05.2019).

46. Паспорт преобразователя напряжения // AllDatasheet. - Alldatasheet.com, 2003. - URL: <https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=MP3401> (дата обращения: 16.05.2019).

47. Описание работы Bluetooth модуля // Arduinomaster.ru. - ArduinoMaster.ru, 2017-2019. - URL: <https://arduinomaster.ru/datchiki-arduino/arduino-bluetooth-hc05-hc06/> (дата обращения: 16.05.2019).

48. Определение САПР // Wikipedia. - 2017 Wikimedia Foundation, Inc. - URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_автоматизированного_проектирования (дата обращения: 20.05.2019).

49. Лекция о САПР // NOU INTUIT. - НОУ «ИНТУИТ», 2003-2019. - URL: <https://www.intuit.ru/studies/courses/2264/227/lecture/5889> (дата обращения: 20.05.2019).

50. Система моделирования ISIS Proteus // EASY ELECTRONICS. - 2008 easyelectronics.ru. - URL: <http://easyelectronics.ru/sistema-modelirovaniya-isis-proteus-bystryj-start.html> (дата обращения: 20.05.2019).

51. Березняков, С.В. Моделирование микроконтроллера 80C51 в система схмотехнического моделирования Proteus

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп. и дата

Изм	Лист	№докум	Подп	Дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист
						106

VSM / С.В. Березняков, А.В. Греков // Вестник ПНИПУ
 Электротехника, информационные технологии, системы
 управления. - 2016. - № 17. - С. 104-106.

52. Схемы активных фильтров // DIGTeh. - Микушин А.В.,
 2001-2019. - URL: <http://digteh.ru/Sxemoteh/filtr/RC/> (дата
 обращения: 20.05.2019).

Инв.№ подл	Подп. и дата	Взам.инв.№	Инв.№ дубл.	Подп. и дата	ЮЗГУ. 120340.009 ПЗ	Лист
						107
						Изм Лист №докум Подп Дата

