

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт – Неразрушающего контроля  
Специальность – Информационно-измерительная техника и технология  
Кафедра – Физических методов и приборов контроля качества

### Выпускная квалификационная работа

Тема работы
<b>Разработка портативного кардиографа для диагностики различных видов аритмий в домашних условиях.</b>

УДК 004.415.2.031.43;616-71

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Соколова Ольга Сергеевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лежнина И.А.	к.т.н.		

#### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Петухов О.Н.	к. э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова О.С.			

По разделу «Расчет надежности»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Степанов А.Б.			

По разделу «Конструкторская часть»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Степанов А.Б.			

#### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	д. ф. – м. н., профессор,		

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
 высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт – Неразрушающего контроля  
 Специальность – Информационно-измерительная техника и технология  
 Кафедра – Физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:  
 Зав. кафедрой  
 \_\_\_\_\_ Суржиков А.П.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Выпускной квалификационной работы
-----------------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
3-1401	Соколова Ольга Сергеевна

Тема работы:

Разработка портативного кардиографа для диагностики различных видов аритмий в домашних условиях.
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№277/с от 22.01.2016
---	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Портативный кардиограф; до 200 измерений с повторно-кратковременной нагрузкой; продолжительность непрерывной работы электрокардиографа при питании - не менее 24 часов. Время подготовки к работе – не более 1 мин; время зарядки разряженного аккумулятора – 8 часов. Изготовлен из ударопрочного пластика. Допустимые габариты: 110x70x30 мм. Погрешность не более 1 %, надежность безотказной работы при 1000ч - 0,997. Температура от +10<sup>0</sup> С до + 30<sup>0</sup>С; относительная влажность не более 75%.</p>
---	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Было изучено строение сердца, виды сердечных болезней и классификация электрокардиографов, их применение.</p> <p>Разработана структурная и принципиальная схема портативного кардиографа.</p> <p>Был произведен расчет экономических затрат.</p> <p>Расчет погрешности и надёжности разработанного прибора.</p>
--	--

<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Чертеж общего вида</p> <p>Чертеж печатной платы</p> <p>Чертеж нестандартной детали</p>
--	---

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

*(с указанием разделов)*

Раздел	Консультант
По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Петухов О.Н.
По разделу «Социальная ответственность»	Кырмакова О.С.
По разделу «Расчет надёжность»	Степанов А.Б.
По разделу «Конструкторская часть»	Степанов А.Б.

**Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:**

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	15.09.2015
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Лежнина И.А.	К. Т. Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-1401	Соколова О.С.		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 102 с., 18 рис., 23 табл., 43 источника, 4 прил.

Ключевые слова: электрокардиограф, строение сердца, болезни сердца, диагностика, аритмия.

Объектом исследования является портативный кардиограф для диагностики различных видов аритмий в домашних условиях.

Цель работы – разработать портативный кардиограф для диагностики различных видов аритмий в домашних условиях, который записывает данные, полученные с электрода, на карту памяти и передает их на компьютер.

В процессе исследования проводился сбор данных, систематизация и анализ информации по теме данного дипломного проекта, проектирование кардиографа.

В результате исследования был разработан портативный кардиограф для диагностики различных видов аритмий в домашних условиях. Разработана структурная и принципиальная схемы кардиографа, а так же печатная плата.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики:

- Разрешение АЦП 12 бит;
- Небольшие габариты и вес;
- Удобный и легкий в использовании;
- Надёжная электробезопасность пациента и работающего персонала;
- Частота дискретизации 500 Гц;
- Ток утечки через пациента 200 пА;
- Класс электробезопасности ГОСТ Р 50267.25

Область применения: неотложная медицинская помощь, частные больницы, стационары, спортивная и семейная медицина

В будущем планируется усовершенствование портативного кардиографа для диагностики различных заболеваний сердца, а так же измерение пульса, температуры.

## Содержание:

Введение.....	8
1 Классификация кардиографов.....	10
2 Классификация сердечных заболеваний.....	17
2.1 Ишемическая болезнь .....	19
2.2 Воспалительные заболевания сердца – миокардит и перикардит... ..	20
2.3 Пороки сердца.....	22
2.4 Нарушения ритма и проводимости – аритмия.....	23
3 Важность диагностики аритмии.....	29
4 Виды помех и методы их устранения.....	34
5 Разработка структурной схемы.....	35
6 Разработка принципиальной схемы.....	37
6.1 Многоцветный электрод F 9010PSSC .....	37
6.2 Микроконтроллер.....	37
6.3 Жидкокристаллический экран МТ-12864J.....	40
6.4 Устройства питания.....	42
6.5 SD/MMC Card.....	43
6.6 Гальваническая развязка .....	44
7 Расчет погрешности.....	46
8 Социальная ответственность.....	49
8.1 Техногенная безопасность.....	49
8.1.1 Анализ вредных факторов .....	49
8.1.2 Анализ опасных факторов .....	53
8.2 Региональная безопасность.....	55
8.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности.....	56
8.4 Законодательное регулирование.....	57
8.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	58
9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение .....	60
9.1 Планирование комплекса работ на создание проекта.....	60

9.2 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	66
9.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования.....	72
10 Расчет надежности .....	76
11 Конструкторская часть.....	85
Заключение.....	93
Conclusion.....	94
Список использованных источников.....	95
Приложение А Принципиальная схема.....	99
Приложение Б Чертеж общего вида .....	100
Приложение В Печатная плата .....	101
Приложение Г Чертеж нестандартной детали.....	102

## **Введение**

**Актуальность темы:** Современные достижения физики, вычислительной техники и микроэлектроники произвели подлинную техническую революцию в методах исследования и построения медицинской аппаратуры для терапии и диагностики. Диагностика в современном мире имеет самый большой выбор в методах исследования в области кардиологии. Самый простой метод, который более часто используется, является электрокардиография. Каждый день проводятся исследования в области кардиологии.

Медицинская практика представляется в образесистематического, многократного процесса, в котором происходит диагностика и лечение, заключающегося в выяснения причин заболевания и их устранению.

Самое эффективное и нужно использование в медицинской технике, стало возможно появлению специально разработанного микроконтроллеров, которые на этой основе могут производят сложные математические обработки данных и так же большой объём информации, различной степени сложности за считанные секунды, и предоставлять их в доступной и понятной форме. Что очень полезно, и необходимо, так как кардиографами могут пользоваться медицинский персонал и обычные люди. Это самое главное условие для принятия необходимых решений проблемы.

**Цель проекта** состоит в изучении и разработке портативного кардиографа. Любая технология должна быть, прежде всего, безопасной для пациента и абсолютно надежна, особенно если речь идет о диагностике заболеваний, в которой важно, чтобы информация была достоверна.

Разработанный кардиограф должен отличаться по сравнению с разработанным ранее, а именно:

- простота эксплуатации;
- малые габаритные размеры;

- быстродействием;
- надежность;
- низкая цена по сравнению с зарубежными аналогами;

В соответствии с поставленной задачей были сформулированы следующие пункты исследования:

- разработать структурную схему кардиографа;
- разработать принципиальную схему предложенного устройства;
- описать конструкторско-технологическую часть;
- сделать технико-экономическое обоснование;
- выполнить графический материал;

Основной вклад в данную работу внесли учебные пособия А. Н. Смирнов, А. М. Врановская-Цветкова «Внутренние болезни»; Виноградов А.В. Дифференциальный диагноз внутренних болезней 1 том ; Волков В.С. «Экстренная диагностика и лечение в неотложной кардиологии» ;Радиотехника и электроника. Межведомств. темат. научн. сборник. Вып. 22 ,а также и другие источники, в том числе и данные из Интернета.

## 1 Классификации кардиографов

Электрокардиограф — это переносной аппарат, который предназначен для отображения работы отделов сердца путем регистрации кривой (снятия электрокардиограммы). Может работать как в ручном, так и в автоматическом режиме. Состоит из усилителя (улавливает токи малого напряжения), гальванометра (измеряет величину потенциала в различных точках поля), системы питания (от сети и/или аккумулятора), датчиков-электродов (фиксируют силу и направленность электрических импульсов при каждом сокращении сердца, бывают одноразового использования и многоразового), записывающего устройства (внутренняя память электрокардиографа), термопринтера (выводит результаты ЭКГ на специальную бумагу или на дисплей).

Электрокардиограф, в зависимости от типа, применяется в частной практике, в домашних условиях, в машинах «скорой помощи», в диагностических кабинетах больниц, стационаров и поликлиник, в отделениях кардиологии, функциональной диагностики, интенсивной терапии.

### Выбор электрокардиографа

Так как электрокардиограф – прибор, первым свойством которого должна быть безотказность и достоверность ЭКГ, поскольку от него зависит порой жизнь пациента. Другие критерии, по которым рекомендуется его выбирать:

- Мобильность. Для диагностики в клиниках необходим многофункциональный электрокардиограф. Для снятия же ЭКГ на выезде предпочтительней портативные устройства на аккумуляторе.

- **Интерактивность.** Кардиограф с сенсорным экраном позволяет печатать нужные участки ЭКГ с наиболее важных отведений и с нужными пометками.
- **Мультимедийность.** Если электрокардиограф нужен для работы с большим контингентом пациентов, то он должен располагать большой памятью с возможностью воспроизведения и обработки объёмных массивов ЭКГ.
- **Функциональность,** чем больше функций у прибора, тем более точную информацию может получить доктор от ЭКГ. Для ведения статистики и проведения обширных анализов потребуется компьютерный электрокардиограф.

Различаются кардиографы:

Существуют одно- и многоканальные электрокардиографы (трех, шести и двенадцати каналов). Все они фиксируют показатели по 12-ти отведениям. Отличие заключается в том, что для получения результата ЭКГ на одноканальном аппарате необходимо снимать 12 отведений по очереди. Это увеличивает время исследования, а также затраты сил специалиста.

Электрокардиографы бывают стационарными и портативными. Последние более компактны, могут использоваться в экстренных ситуациях, в машинах скорой помощи, как для первичной, так и для более углубленной диагностики.

**Одноканальные**

Эти простейшие в своём классе приборы используются, в основном, в бригадах скорой помощи.

Особенности:

- малый вес – 800-900 г;

- минимум управляющих элементов;
- печать ЭКГ мини-принтером на термобумаге;
- сенсорный монитор отображает пульс;
- работает от сети и от аккумулятора.

Благодаря автономности, портативности и простоте обращения пользуются популярностью у фельдшеров. Одноканальные – самые дешёвые. Например:

Электрокардиограф ЭКЗТ-01-"Р-Д"- одно-трехканальный кардиограф, является портативным переносным электрокардиографом и предназначен для проведения электрокардиографических обследований, у кардиографа есть вход 12В для питания от бортовой сети, что удобно для применения в скорой помощи[1].

### Трёхканальные

Особенности трёхканальных аппаратов:

- Вывод ЭКГ на термопринтере.
- Высокое разрешение принтера с возможностью печати необходимой сопроводительной информации.
- Печать – ручная и автоматическая.
- Автоматический расчёт по базовым показателям ЭКГ.
- Наличие дополнительных функций, позволяющих отслеживать погрешности ЭКГ и сердцебиения.
- Наличие интерфейса для переноса информации с электрокардиографа на компьютер.
- Предоставление некоторыми моделями дефибрилляции.
- Компактность, малый вес и простота в обслуживании.

Например:

Кардиограф ЭК 3Т – трехканальный цифровой прибор. Обладает высокой точностью измерений; удобный. Наиболее подходит для работ на

выезде. Современный дизайн. Память на 24 измерения. Различают переносные и стационарные модификации данной модели электрокардиографов. Световые индикаторы расположены на экране так, что все параметры хорошо просматриваются. Стандартный комплект включает 2 рулона бумаги для записи ЭКГ, кабель пациента, зарядное устройство, гели и комплект электродов. Масса 2кг [1].

## Шестиканальные

Эти аппараты обладают развитой функциональностью и используются поэтому в службах кардиологической скорой помощи, МЧС, военных госпиталях и гражданских клиниках.

Возможности шестиканального электрокардиографа:

- Большая электронная память – от 10 Гб, что позволяет хранить данные о 1000 ЭКГ.
- Мощный аккумулятор – электрокардиограф может снимать без подзарядки до 150 ЭКГ.
- Высокая скорость печати, производимой автоматически на бумаге разного формата.
- Информативность дисплея – данные о функциональном состоянии компонент: аккумулятора, датчиков и принтера выводятся на экран монитора.

6-канальные электрокардиографы бывают мобильными и компьютерными (стационарными). Первые обладают автономностью и портативностью, вторые – большей функциональностью.

Например:

Электрокардиограф FX-7302 FukudaDenshi (Япония). 6-канальный кардиограф, портативный, производит запись в любых условиях, имеет встроенный принтер. ЖК-дисплей отражает одновременно все 12 каналов и вспомогательную информацию (состояние устройства) [1].

## Двенадцати канальные

Это – приборы с наибольшей функциональностью и применяются в многопараметрическом исследовании деятельности сердца.

12-канальные приборы предоставляют следующие возможности:

- Запись продолжительностью более 60 минут.
- Компьютерное управление с интерактивным действием, включая функцию отправки данных электрокардиографа в режиме реального времени по факсу или Интернету.
- Непрерывный контроль важнейших показателей ЭКГ: пульса, сердечного ритма по каждому отведению с заданием нормы для каждого пациента индивидуально.
- Сигнализация при отклонениях от нормы в ЭКГ.
- Составление и выдача детализированного отчёта.

Например:

А). Электрокардиографы «Альтон» – новое поколение усовершенствованных цифровых кардиографов (многоканальный). Приборы позволяют сохранять в памяти результаты ЭКГ, проводить сравнение нескольких кардиограмм одновременно, распечатывать протокол исследований при соединении с любым принтером и на любой бумаге. Электрокардиограф также способен проводить амплитудные и временные измерения автоматически и в ручном режиме, сохранять личные настройки экрана и функций для каждого пациента и передавать по электронной почте результаты анализов.

Б). Кардиограф «Юкард» – 12-канальные электрокардиографы (имеют 12 отведений для записи 12 различных ЭКГ) самостоятельно проводят анализ кардиограммы, весят 2кг, оснащены встроенной системой передачи данных,

ЖК-дисплеем, работают от встроенного аккумулятора или от сети с напряжением 220В[1].

Ход исследования:

Запись ЭКГ происходит в положении лежа на спине или сидя. Это позволяет добиться расслабления мышц. Перед исследованием пациент раздевается, голени освобождает от одежды. Это необходимо для крепления электродов (должны соприкасаться с кожей). Стандартные 12 отведений накладывают на грудную клетку пациента, а также на верхние и нижние конечности. Предварительно области контакта смазывают токопроводящим гелем для ЭКГ для лучше(домашних) можно просто приложить к груди.

Отличия электрокардиографов

Современные одно- и многоканальные кардиографы имеют несколько существенных отличий, рассмотреть которые следует предметно. Для примера, возьмем два электрокардиографа: Мидас-ЭК1Т 1-канальный и Mortara ELI-230 - 12-канальный с кабелем AM12.

Электрокардиограф Мидас-ЭК1Т 1-канальный – это современный портативный прибор украинского производства. Оснащен термопринтером, жидкокристаллическим графическим дисплеем.

Незначительный вес (чуть больше килограмма), автономное питание (заряда аккумулятора хватает для непрерывной фиксации 50 ЭКГ), точность снятой информации, – все это делает аппарат незаменимым в работе лечебного учреждения, при неотложных ситуациях в машине «скорой помощи», на дому.

Минус прибора – в длительности исследования. Для получения результатов электрокардиограммы врачу приходится снимать 12 отведений по очереди. На регистрацию каждого отвода в среднем составляет 4-5 секунд.

Память рассчитана на 30 электрокардиограмм.

Электрокардиограф Mortara ELI-230 - 12-канальный с кабелем AM12 – современный портативный аппарат американского производства. Оснащен проводным кабелем на 12 отведений, термопринтером высокого качества, жидкокристаллическим графическим дисплеем. Благодаря встроенному алгоритму определения ошибок наложения электродов, аппарат сигнализирует о проблеме с контактами.

Главное достоинство электрокардиографа – инновационная функция «Best 10». Аппарат автоматически выбирает наиболее точные 10 секунд сигнала ЭКГ, которые отображает на дисплее и печати.

Благодаря уникальному алгоритму интерпретации VERITAS электрокардиограф позволяет проводить автоматический и достоверный анализ ЭКГ как взрослых, так и детей (11 возрастных групп с первой недели жизни и до 16 лет).

Оптimalен для поликлиники, стационара, кардиологического отделения, частного медицинского центра, где наблюдается большой поток пациентов. Память рассчитана на 30 электрокардиограмм[2].

## 2 Классификация сердечных заболеваний

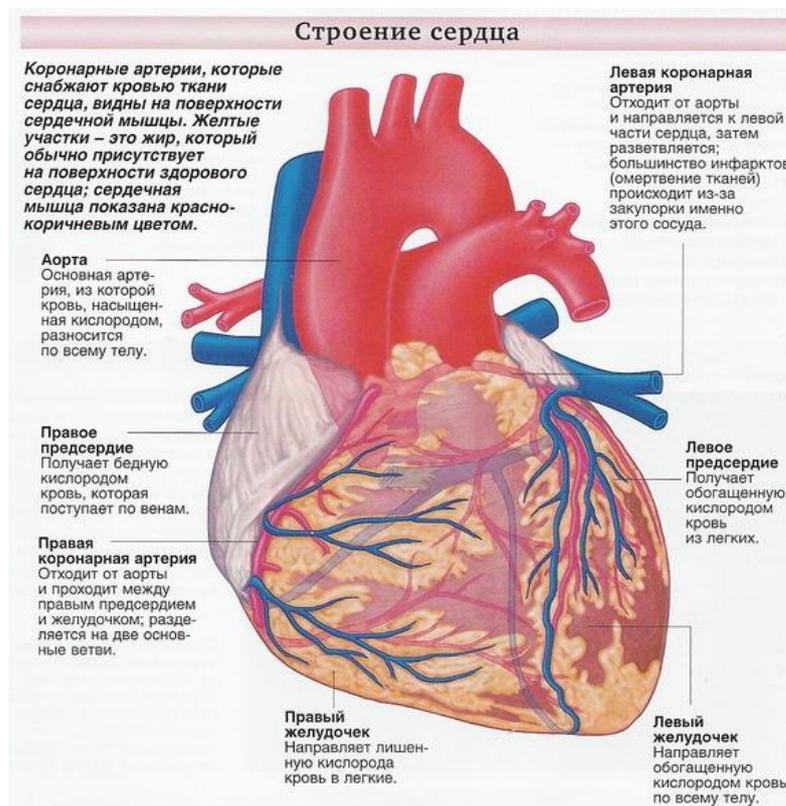


Рисунок1-Строение сердца[3]

Сердце в системе кровообращения является ведущим органом, от его работы зависит не только здоровье, но и жизнь человека. Сердце – это орган со сложной физиологией и анатомией (рис.1), именно поэтому заболевания сердца, сопровождающиеся нарушением структуры и функции, разнообразны. Малейший сбой в работе сердца может свидетельствовать о возникшем нарушении его деятельности. Сердечно-сосудистые заболевания на сегодняшний день являются одной из основных причин увеличения смертности. Поэтому очень важно не упустить момент и вовремя обратиться к врачу. Их можно условно объединить в несколько групп [3].

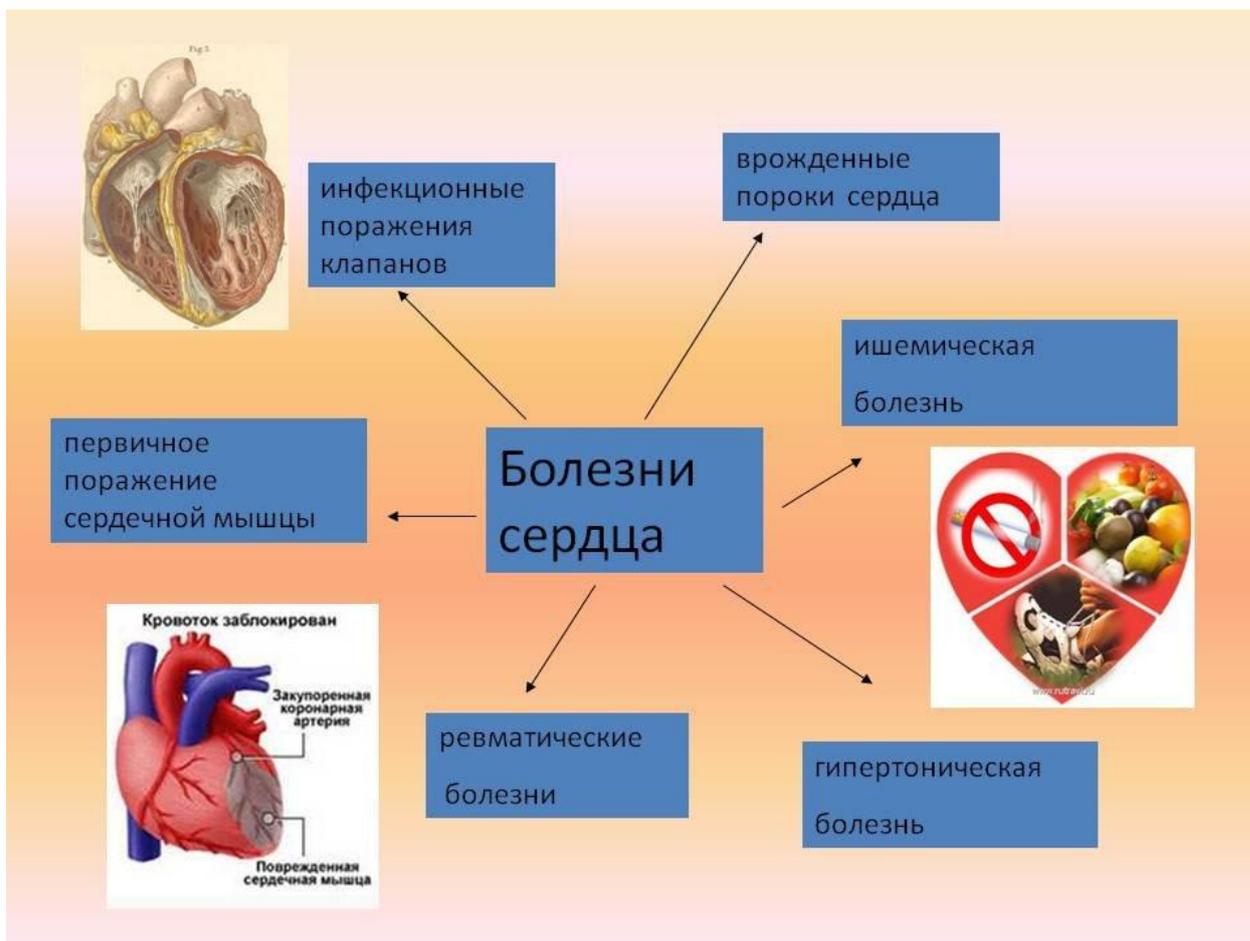


Рисунок 2 - Перечень болезней сердца[3]

## ОСНОВНЫЕ СИМПТОМЫ БОЛЕЗНЕЙ СЕРДЦА

- одышка при небольшой физической нагрузке или в покое,
- слабость, низкая выносливость,
- сердцебиение,
- сухой кашель,
- периоды учащённого и неровного дыхания,
- удушье, сжимающая боль в груди,
- тупая боль и дискомфорт в области печени или сердца,
- отеки ног (особенно к вечеру),
- ночью больные стараются приподнять верхнюю часть тела (подложив подушки), так им легче дышать,
- беспокойный сон, бессонница,

- чем слабее сердце, тем сильнее отекают ноги, появляется боль в груди и спине, дыхание становится крайне затруднённым, пока человек не ляжет.

## 2.1 Ишемическая болезнь

- Инфаркт миокарда.
- Внезапная смерть(коронарная);
- Стенокардия напряжения;
- Нестабильная стенокардия;



Рисунок3 - Ишемическая болезнь [4]

Ишемическая болезнь сердца (рис.3) развивается на фоне атеросклероза. Происходит это на стенках кровеносных сосудов, несущих кровь к сердечной мышце, в которых откладываются бляшки (атеросклеротические), что приводит к уменьшению просвета сосудов. Со временем коронарный сосуд может настолько суживаться, что почти не пропускает кровь к тканям миокарда.

Малейший спазм такого сосуда перекрывает доступ артериальной крови, которая несет кислород и питательные вещества, к тканям. А так как

клетки сердечной мышцы не могут существовать без кислорода, это сопровождается приступом сильной боли – стенокардией.

Если приступ стенокардии длится долго, клетки миокарда отмирают – такое состояние носит название инфаркта миокарда. Если отмирает значительный участок ткани миокарда, это может привести к гибели больного.

Очень важно знать, что приступ стенокардии нужно немедленно снимать. С этой целью больные носят с собой нитроглицерин, который в течение одной-двух минут способен вызвать расширение коронарных сосудов и снятие приступа.

При инфаркте, боль в сердечной области, за грудиной ощущается значительно резче, возникает гораздо интенсивнее, протекает более продолжительный временной интервал, чем при стенокардии. При тяжелых ситуациях боли способны продолжаться несколько дней. К предельно негативным осложнениям можно отнести: острую недостаточность кровообращения, сердечную аневризму, разрыв сердца[4].

## 2.2 Воспалительные заболевания сердца – миокардит и перикардит

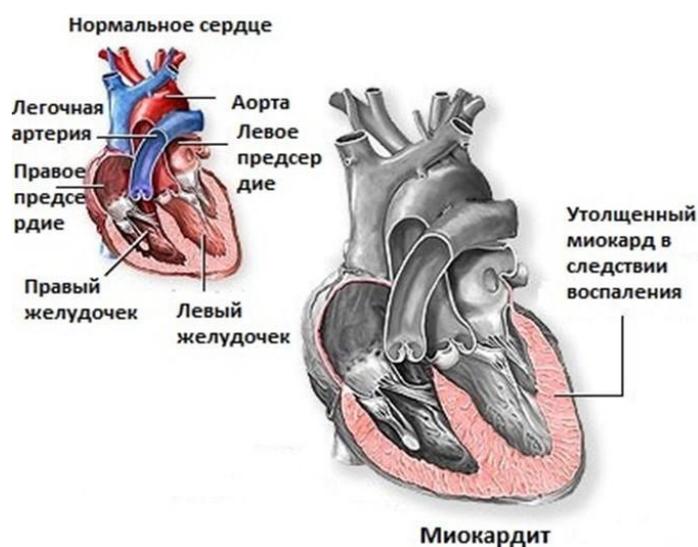


Рисунок4 - Вид миокарда [4]

Воспаление сердечной мышцы или миокарда(рис.4) может быть осложнением после перенесенного инфекционного заболевания (гриппа, ангины, пиелонефрита и так далее). Воспалительный процесс может также иметь аллергический характер.

Симптомами миокардита является боль в сердце, нарушения сердечного ритма, одышка, слабость, недомогание. Боль в сердце имеет обычно постоянный ноющий или давящий характер. Иногда на этом фоне появляются интенсивные колющие или режущие боли, похожие на боли при стенокардии[5].

Очень часто при миокардитах появляются нарушения сердечного ритма от единичных «лишних» сокращений (экстрасистолия) до полного нарушения ритма (мерцательная аритмия).

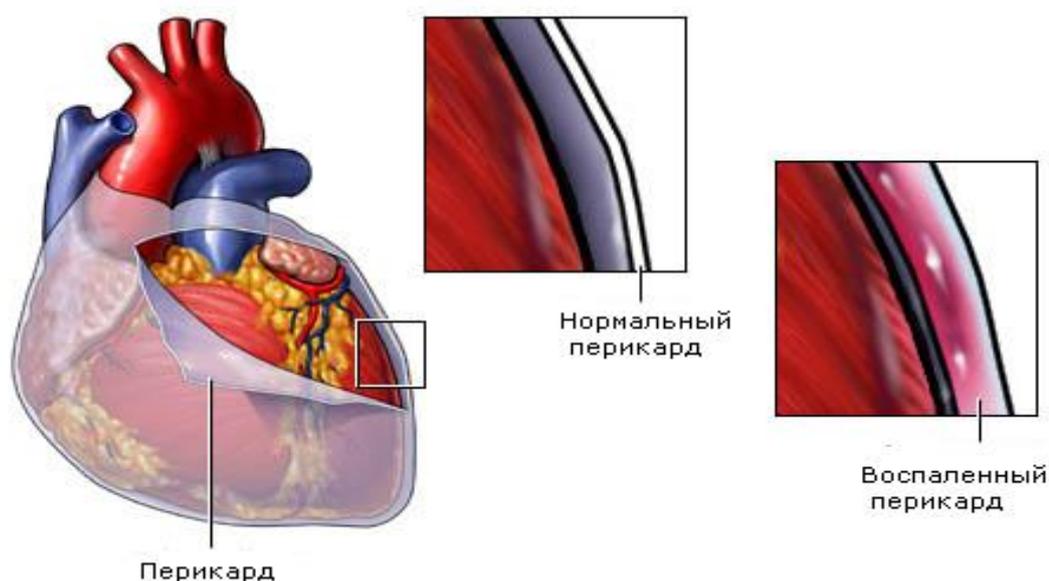


Рисунок 5 - Вид перикарда [6]

Перикардит– это фиброзное, серозное, гнойное или геморрагическое воспаление висцеральных и париетальных листков перикарда (рис.5).

Перикардит может быть острым (экссудативным) или хроническим (выпотным). Острый перикардит длится менее 6 недель, хронический - более 6 недель.

Хронический сдавливающий перикардит может быть следствием причин, после острого перикардита. Частыми причинами являются

туберкулез , а так ж другие инфекции: сердечная хирургия, травм и ревматоидный артрит.

Острый перикардит может быть фибринозным, гнойным. При этом в процесс могут вовлекаться поверхностные слои с участков миокарда. Патоморфологические изменения - острое воспаление, включает наличие полиморфноядерных лейкоцитов и отложения фибрина.

Для того, чтобы лечить воспалительные процессы в области сердца, нужно установить причину их развития. Затем больному назначается адекватное лечение, которое проводится, как правило, в стационаре[6].

### **2.3 Пороки сердца**

Порок сердца – это врожденные или приобретенные анатомические изменения сердечных перегородок, стенок или клапанов сердца, а также отходящих от него крупных сосудов. Эти нарушения приводят к нарушению продвижения крови внутри сердца или к нарушению разобщения между большим и малым кругами кровообращения. Это может приводить к развитию сердечно-сосудистой недостаточности, застою крови в тканях и органах

Пороки сердца делятся на две группы:

- Приобретенные;
- Врожденные.

Врожденные пороки сердца – это аномалии внутриутробного развития (их гораздо меньше), приобретенные - результат перенесенных уже после рождения заболеваний или травм сердца (таких пороков сердца больше в несколько десятков раз, чем врожденных).

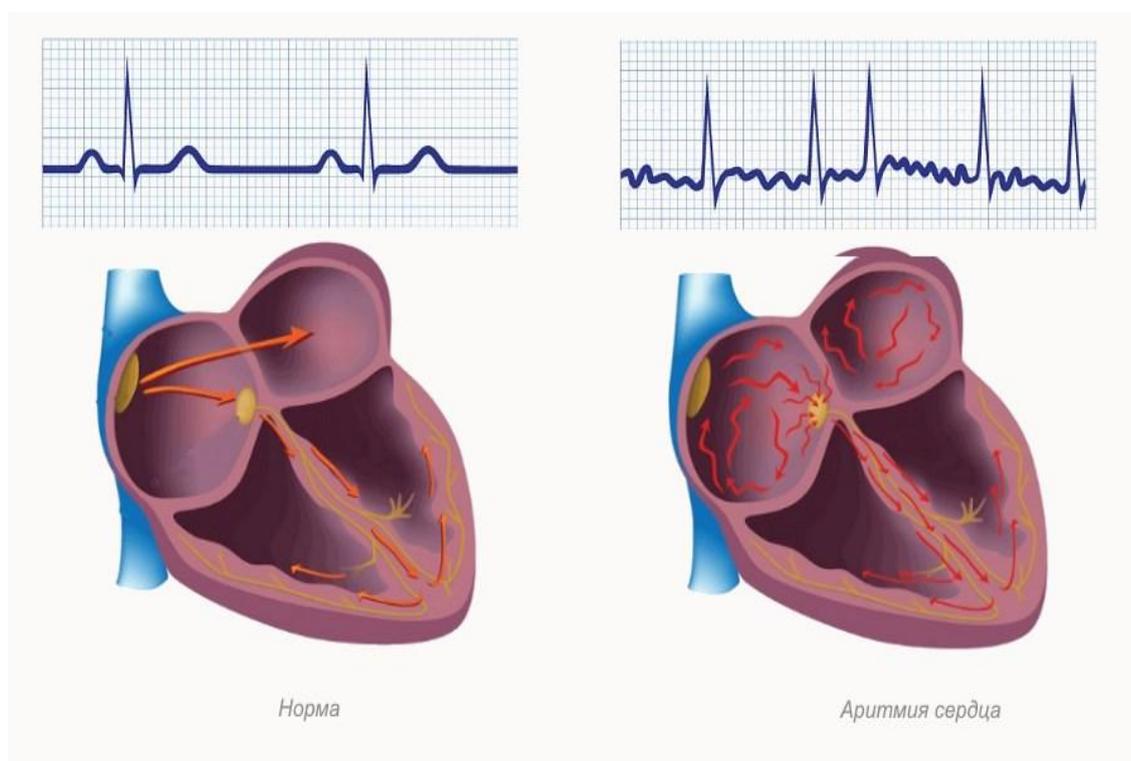
Врожденные пороки сердца развиваются по разным причинам. Это могут быть отягощенная наследственность, заболевания матери во время беременности, воздействие на нее вредных веществ, ионизирующего излучения и так далее.

Лечат врожденные пороки сердца в основном хирургическими методами. Но иногда завершение формирования тканей сердца происходит уже после рождения и врожденный порок сердца проходит самостоятельно.

Приобретенные пороки сердца могут быть изолированными, сочетанными (если есть несколько анатомических изменений в области одного клапана) и комбинированными (анатомические изменения на нескольких клапанах). Лечение таких пороков сердца осуществляется, как консервативно, так и оперативно. Оперативное лечение применяется обычно при угрозе развития осложнений, угрожающих жизни больного[7].

Болезней сердца много и иногда их трудно отличить друг от друга на основании одного осмотра больного. Поэтому сердечные заболевания требуют тщательного обследования.

#### 2.4 Нарушения ритма и проводимости– аритмия



Рисунокб – Аритмия [8]

Нарушения ритма сокращений сердца по регулярности, частоте и источнику ритма называется аритмией (рис.6).

Сердечная аритмия (или нерегулярное сердцебиение) представляет собой заболевание сердечно-сосудистой системы, для которого характерны любые нарушения ритма сердца. Явление связано с изменением регулярности, частоты и последовательности сердечных сокращений, сердцебиение может быть или слишком частым (развитие тахикардии), или слишком медленным (развитие брадикардии). Некоторые случаи аритмии могут привести к остановке сердца. Аритмия возникает в любом возрасте, в верхних и нижних камерах сердца, предсердиях и желудочках, соответственно. Некоторые виды заболевания едва заметны, в то время как другие являются более драматичными и заканчиваются летальным исходом. Сердечная аритмия считается одной из наиболее распространенных причин смерти[8].

За счет чего обеспечивается нормальный ритм сердца.

Нормальный ритм сердца зависит от системы сердца, про которой последовательная сеть узлов («электростанция»), состоит из скоплений высокоспециализированных клеток. Эти клетки обладают способностью создавать и проводить по конкретным волокнам и пучкам электрические импульсы, вызывающие, в свою очередь, возбуждение и сокращение сердечной мышцы (миокарда).

Несмотря на то, что электрические импульсы могут генерировать все элементы системы, синусовый узел (SA), который находится в правом предсердии, в верхней его части, является главной электростанцией. Он определяет нужную частоту работы сердца (для спокойного состояния норма 60-80 ударов за минуту, во сне количество ударов уменьшается, а при физических нагрузках, наоборот, возрастает).

Зародившиеся в синусовом узле импульсы, подобно солнечным лучам, распространяются во все стороны. Некоторые импульсы вызывают возбуждение и сокращение предсердий, еще часть импульсов направляется к следующей «электростанции» - AV-узлу (атриовентрикулярному узлу) по

специальным путям. В этой точке происходит замедление движения импульса (предсердиям требуется время для сокращения и перегонки крови в желудочки). После этого происходит распространение импульсов к пучку Гиса, делящемуся, в свою очередь, на две ножки.

При помощи волокон Пуркинье правая ножка пучка проводит импульсы к сердцу, его правому желудочку. Соответственно, левая ножка пучка отправляет импульсы по направлению к левому желудочку, что вызывает их возбуждение и сокращение. Подобным образом строится ритмичная работа человеческого сердца.

Проблемы, которые могут появиться в работе проводящей системы сердца:



Рисунок 7 - Проводящая система сердца [7]

\* во-первых, в одной из «электростанций» может нарушиться образование импульса,

\* во-вторых, в одном из участков системы, которую мы описали выше, нарушается проведение импульса.

Как в первом, так и во втором случае, в роли основного проводника ритма выступает следующая по цепи «электростанция». Но при этом снижается частота сердечных сокращений.

Вывод: проводящая система сердца обладает многоуровневой защитой от резкой остановки деятельности сердца. Такие нарушения и вызывают появление аритмии.

Виды аритмии:

Врачи классифицируют аритмии в зависимости не только от места, где они возникают (предсердия или желудочки), но и от скорости сердечных сокращений.

На сегодня существует множество вариантов классификации аритмий. Анатомическая классификация:

- предсердные, локализация поражений в области одного или обоих предсердий,
- желудочковые аритмии, локализация поражений в области желудочков,
- синусовые, проблемы в зоне синусового узла,
- атриовентрикулярные, локализация в месте перехода клапанов.

Классификация по частоте сокращений и их регулярности:

- тахикардия (от слова *tachē*, означающего «частый», быстрое сердцебиение с частотой сердечных сокращений (ЧСС) больше 100 ударов в минуту),
- брадикардия (от слова *bradī*, что означает «редкий», медленный пульс с ЧСС менее 60 ударов в минуту),
- нерегулярный ритм.

Самая полная классификация, которая основывается на электрофизиологических показателях:

Аритмии вследствие нарушения образования импульсов:

- номотопные (импульс формируется в синусовом узле), к ним относят слабость синусового узла, аритмию, тахи- или брадикардию.
- эктопические (гетеротопные – импульс формируется вне синусового узла). Они бывают пассивными и активными.

Аритмии из-за проблем с внутрисердечной проводимостью импульсов. К ним относят:

- синоатриальные блокады,
- атриовентрикулярные блокады,
- внутрипредсердные блокады,
- внутрижелудочковые блокады,
- синдром преждевременной возбудимости желудочков.

Аритмии комбинированного вида

Проявления аритмии:

Симптомы аритмий зависят от частоты сердечных сокращений и их регулярности. При этом важно, влияют ли аритмии на кровообращение жизненно важных органов. Могут быть и клинически не проявляющиеся аритмии, которые выявляются только на ЭКГ.

Основные проявления:

- перебои в работе сердца,
- сильные сердцебиения приступами, с нарушением самочувствия,
- чувство замирания сердца,
- стенокардия(загрудинные боли),
- головокружения,
- чувство удушья,
- обмороки,
- слабость,
- развитие шока.

Осложнения: Аритмии могут быть приступными или возникать постоянно, усугубляясь при влиянии негативных факторов. Особую опасность представляют осложнения аритмий.

Самыми опасными являются:

- фибрилляция или трепетание предсердий,
- остановка кровообращения,
- одышка с отеком легких.

### **3 Важность диагностики аритмии**

Чтобы понять, в каких случаях требуется диагностика аритмии, следует помнить о ее клинических проявлениях. Данное заболевание объединяет под собой обширную группу расстройств, локализованных в разных областях сердца. Практически всегда нарушение сердечного ритма связано с другой болезнью – например, патологией сердечно-сосудистой системы, щитовидной железы, дисбалансом электролитного обмена, интоксикацией и т.д.

Разнообразие причин данного расстройства значительно затрудняет процесс постановки точного диагноза, равно как и существование практически бессимптомных форм заболевания. На практике такое положение вещей выражается в том, что пациент может не подозревать о нарушении ритма сердцебиения.

Незамедлительное обращение к врачу необходимо при появлении таких симптомов, как учащенное сердцебиение, замирание или «трепетание» сердца, головокружения и обмороки, боли в груди, приступы сильной слабости и предобморочные состояния, одышка и тошнота[9].

Когда необходима регулярная диагностика аритмии.

Можно выделить несколько факторов риска нарушения ритма сердцебиения. Принадлежность к любой из указанных категорий свидетельствует о необходимости прохождения регулярного медицинского обследования.

Заболевания сердечно-сосудистой системы (инфаркт миокарда, ишемическая болезнь сердца, ревматические заболевания, врожденные пороки сердца и коронарных сосудов) практически всегда приводят к развитию нарушений сердечного ритма.

Зрелый возраст – регулярное прохождение ЭКГ рекомендовано всем лицам, достигшим сорокалетнего возраста, что связано с естественным ухудшением работы сердца.

Ожирение и сахарный диабет – данные заболевания увеличивают вероятность развития ишемической болезни сердца, протекающей на фоне различных нарушений ритма сердца.

Вредные привычки – курение, алкоголизм, наркомания, злоупотребление кофе и чаем увеличивают риск наступления внезапной аритмической смерти, а также возникновения различных видов сердечно-сосудистых заболеваний.

Артериальная гипертензия – регулярная диагностика аритмии имеет первостепенное значение для пациентов, страдающих стабильно повышенным давлением.

Прием диуретических лекарственных средств (слабительных, мочегонных) нередко становится причиной электролитного дисбаланса, выражающегося в нехватке калия и магния, обеспечивающих нормальную работу сердца.

Методы ,при которых происходит диагностика аритмии:

- Обследование, сюда в ходит первичный осмотр и опрос .

При разговоре сврач, следует рассказать о факторах, которые вызывает беспокойство пациента. К примеру, сердечные боли,неприятные ощущения в области грудиной клетки и нарушенное АД. Также необходимо сообщить опроявление этих явлений, особенно длительность и периодичность. При этом учитывается беспокойство , переутомления и наследственности.

При диагностике аритмия, врач обращает внимание на телосложение пациента и состояние покровов кожи. Приблизительные размеры сердца определится путем выстукивания и выясняется наличие жидкости или

воздуха в грудной полости. С помощью аускультации прослушивается сердечный ритм и тон и выявляются шумы.

Так же необходимо при осмотре пациента измерить частоту пульса и артериальное давление.

➤ Электрокардиограмма

Метод, при котором можно получить данные и сделать оценку общего состояние, а именно об состоянии интенсивности работы сердца.

Диагностировать аритмию через ЭКГ, нужно в спокойном положении тела. Данные поступают через электроды и показываются на экран в виде электрокардиограммы. После анализа электрокардиограммы специалист дает заключение о состоянии сердца, и есть ли нарушения.

ЭКГ дает достаточно информации о нарушении работы сердца (ритма) методом получения сведений о нарушении сердечного ритма, однако, если есть необходимость проводятся другие исследования.

➤ Мониторинг Холтера.

Метод заключается в том, что в течение суток, у пациента закреплен специальный датчик, который проводит необходимое обследование и это дает возможность оценить работу сердца во время сна, физической активности и отдыха. Этот метод очень полезен для выявления «скрытых» аритмий. Обычное обследование может и не обнаружить «скрытые» аритмию, так как длится оно очень малое время.

➤ Эхокардиография (ЭхоКГ)

Эхокардиография – это метод основанный на ультразвуковой диагностики, для исследований функциональных и морфологических изменений сердца и его структур. Данный метод позволяет оценить состояние сердечных клапанов, слов и о размерах сердца в режиме визуализации. Эхокардиограмма широко применяется для ранней диагностики кардиологических заболеваний, что дает возможность вовремя выявить патологию, и при этом можно увидеть рубцы, пороки сердца

(приобретенные или врожденные) ,все это может играть роль в нарушении работы сердца.

➤ Электрофизиологические исследование сердца (ЭФИ)

ЭФИ сердца представляет системный анализ внутрисердечных записей электрической активности всех его камер в начале исследования во время синусового ритма и тахикардии, и миокарда предсердий и желудочков при различных методах электростимуляции сердца, изучение электрофизиологических свойств проводящей системы сердца и их ответа на физиологические и фармакологические вмешательства. Главное различие между поверхностными записями электрокардиограммы и внутрисердечной электрограммы в том, что первая дает суммированную электрическую активность, а вторая – электрическую активность локальной зоны вокруг электрода.

Лечение аритмии:

Лечением аритмий занимаются кардиологи. Проводят терапию основного заболевания и одновременную коррекцию сердечного ритма. При лечении аритмий применяют следующие препараты:

- препараты для стабилизации мембран клеток (прокаинамид, тримексин, пропафенон),
- аденоблокаторы (атенолол, надолол), однако в последнее время предпочтение отдается таким препаратам, как конкор, эгилок, карведилол,
- блокаторы калиевых каналов (амиодарон),
- блокаторы кальциевых каналов (верапамил).

Из других методов назначают:

- кардиостимуляцию,

- имплантацию кардиостимуляторов,
- радиочастотную абляцию (метод гашения патологических импульсов).
- операции на сердце с коррекцией нарушений.

Самостоятельно: поменять положение тела; провести дыхательную гимнастику, то есть глубоко подышать; открыть форточки для притока свежего воздуха. При возможности нужно выпить примерно 40 капель Валокардина, облегчает состояние и успокоительное средство.

Самостоятельное назначение себе этих средств может привести к тяжелым осложнениям. Из медикаментов подбираются и те, которые необходимы для терапии основного заболевания.

Операция аритмии назначается, если эффекта от консервативно лечения нет. Вид хирургического вмешательства также зависит от причины нарушений в сокращении сердца[10].

#### 4 Виды помех и методы их устранения

Во время записи электрокардиограмм всегда встречаются помехи: размытостью записи, блуждающей нулевой линией и соматической дрожью.

Причины возникновения: неправильное положение пациента и плохое заземление электрокардиографа.

Методы для устранения:

- 1) провести проверку качества заземления электрокардиографа.
- 2) убедиться в хорошем контакте электрода с кожей пациента;
- 3) провести проверку состояние электродов (они должны быть чистые и блестящие);
- 4) проверить правильность расположение проводов кабеля отведений.

Для устранения помехи необходимо:

- отключить всю технику расположенные рядом с пациентом, от сети;
- проверить, нету ли касаний пациента с каких-либо металлических частей стола, стула или кровати;

Соматическая дрожь, которая обусловленная напряжением мышц пациента, отслеживается по признаком: нестабильная нулевая

Методы для устранения:

- убедитесь , удобно ли пациенту;
- успокоить пациента, объяснив, что при записи электрокардиограммы должна соблюдаться тишина;

Блуждающая нулевая - это движение всей записи вверх и вниз.

Причина- нарушение спокойствие пациента.

Исключит эту помеху, можно, путем опроса пациента о его удобстве , состоянии электродов и расположение кабеля отведений[11].

## 5 Разработка структурной схемы

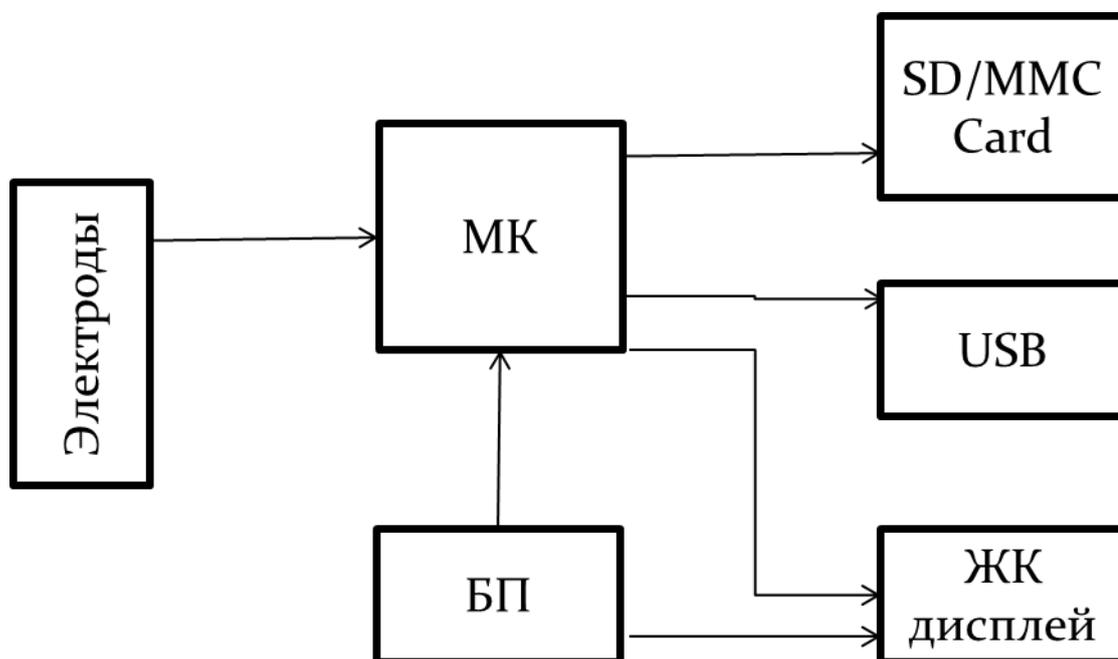


Рисунок 8 - Структурная схема кардиографа

МК-микроконтроллер

SD/MMSCard – карта памяти

ЖК экран – жидкокристаллический экран

БП – блок питания

USB – порт для передачи информации на персональный компьютер.

Измерения данных ЭКГ на портативный электрокардиографе происходит путем передачи информации через кожный покров с помощью электродов. Достаточно просто приложит электрокардиограф к рукам тем местом, где расположены электроды, и прибор моментально сможет измерить данные сердечного ритма.

Биоэлектрические сигналы, снимаемые электродами, поступают на вход микроконтроллер, где в соответствии с принятыми алгоритмами

аналоговым или цифровым методами ,производится обработка данных, подготовка к передачи сигналов в виде электрокардиограммы на жидкокристаллический экран и запоминания на карте памяти ,для дальнейший передачи на ПК через USB, для сравнительного анализа ЭКГ ,а также самостоятельно вести историю измерений, а при необходимости имеется функция «вынимать» их из своей памяти и показывать результаты .

Микроконтроллер так же может служит для создания «плавающей земли» электрода заземления, что позволяет уменьшить дрейф нуля при плохом контакте электродов с кожей.

Блок питания необходим для работы МК и ЖК-экрана. Работает от двух литиевых аккумулятора типа АА.

## **6Разработка принципиальной схемы**

### **Выбор элементов принципиальной схемы:**

#### **6.1 Многоразовый встроенный электрод F 9010PSSC**



Рисунок 9 - Электроды

Описание: Пластинчатый,встроенный электрод на конечности с винтом и зажимом (Ag – AgCl), диаметром 20 мм; с разъемом 4 мм  
Применение: пластинчатый электрод .Вид: Многоразовые. Упаковка: в пачке -4 (бумажно-алюминиевый пакет) Производитель: Fiab (Италия)

#### **6.2 Микроконтроллер**



Рисунок 10 – Микроконтроллер[12]

Микроконтроллер (рис.10) используется для управления элементами измерительного устройства и согласования их работы. В настоящее время

предложен большой выбор микроконтроллеров. Основные их различия - объем внутренней памяти, разрядность, архитектура, частота и набор внутренней периферии. В нашем случае применяется микроконтроллер MSP430FG4619 фирмы Texas Instruments.

Микроконтроллеры MSP430 - это процессоры для обработки смешанных (аналоговых и цифровых сигналов), обладающие сверхнизким энергопотреблением.

Микроконтроллер MSP430FG4619 интегрирован различными периферийными устройствами и большого объема Flash-памяти, до 128 кбайт, такими как 12-разрядами АЦП, таймеры, 12 разрядными ЦАП, последовательные коммуникационные модули, встроенные усилители и многое другое. Для того, чтобы использовать эти периферийных устройств в МК до 100 выводов.

Наиболее перспективными сферами применения микроконтроллеров являются производство измерительных приборов, портативных медицинских устройств, спортивного оборудования [12].

Характеристика:

Производитель:	Texas Instruments
Категория продукта:	16-битные микроконтроллеры
RoHS:	Соответствует
Вид монтажа:	SMD/SMT
Упаковка / блок:	LQFP-100
Ядро:	MSP430
Ширина шины данных:	16 bit
Максимальная тактовая частота:	16 MHz
Размер программной памяти:	120 kB
Размер ОЗУ данных:	4 kB

Торговая марка:	TexasInstruments
Разрешение АЦП:	12 bit
Рабочее напряжение питания:	1.8 V to 3.6 V
Максимальная рабочая температура:	+ 85 C
Серия:	MSP430FG4619
Упаковка:	Tube
Типинтерфейса:	1 USART (SPI, IrDA, LIN, SPI and I2C, SPI), USCI (UART, UART)
Минимальная рабочая температура:	- 40 C
Количество каналов АЦП:	12
Количество входов/выходов:	80 I/O
Количество таймеров/счетчиков:	2 Timer
Серия процессора:	4 Series
Тип памяти программ:	Flash
Размер фабричной упаковки:	90
Коммерческое обозначение:	MSP430
Ширина	10 мм
Высота	1,4 мм
Длина	10 мм
Вес изделия:	677.600 mg [13].

### 6.3 Жидкокристаллический экран МТ-12864J



Рисунок 11 – Экран [14]

Жидкокристаллический (LCD) экран МТ-12864J производства компании Мэлт предназначен для вывода графической информации.

Экран имеет 20 контактов для подведения питания и взаимодействия с управляющей электроникой. Дисплей работает под управлением чипа аналогичному KS0108 от Samsung. Это очень распространённый чип для подобных экранов.

Таблица 1 .Описание портов экрана

№	Обозначение	Назначение
1	U <sub>CC</sub>	Напряжение питания
2	GND	Общий вывод
3	U <sub>0</sub>	Управление контрастностью
4–11	DB0 – DB7	Шина данных
12	E1	Выбор кристалла 1
13	E2	Выбор кристалла 2
14	RES	Сброс (начальная установка)
15	R/W	Выбор: Чтение/ Запись
16	A <sub>0</sub>	Выбор: Команды/ Данные
17	E	Стробирование данных
18	U <sub>EE</sub>	Выход DC–DC преобразователя
19	A	+ питания подсветки
20	K	– питания подсветки

Характеристики:

- Напряжение питания: 4,5 – 5,5 В.
- Потребляемый ток логики: 4 мА.
- Потребляемый ток подсветки: 64 мА.

Контроллер дисплея понимает 7 команд:

1. Включение / выключение дисплея вне зависимости от данных в ОЗУ и внутреннего состояния
2. Установка номера строки ОЗУ, которая будет отображаться в верхней строке дисплея
3. Установка номера страницы ОЗУ
4. Установка адреса ОЗУ для последующих обращений
5. Чтение статуса состояния
6. Запись данных
7. Чтение данных

Габаритные размеры модуля МТ–12864J

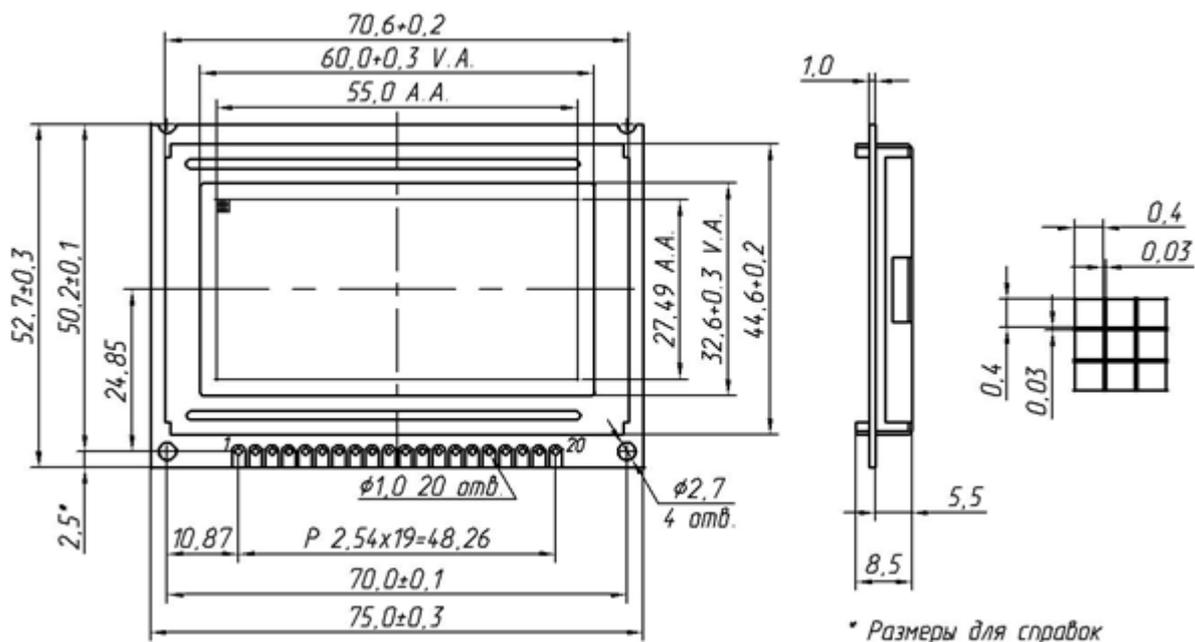


Рисунок 12 - Размеры экрана [14]

## 6.4 Устройства питания

В нашем случае в роли питания – литиевой аккумулятор типа AA



Рисунок 13 - Вид батареи [15]

Характеристика:

Литиевый аккумулятор IMR 10440.

Мощность - 350mAh.

Диаметр — 10 мм.

Длина — 44 мм.

3,7V.

Литиевые аккумуляторы (рис.13) являются экологически безопасными, энергоемкими, могут долго работать без перезарядки, находятся в рабочем состоянии при низких температурах. Так как они достаточно энергоемки, и это выгодно их отличает от других таких же устройств, то их производство постоянно увеличивается. Они выпускаются цилиндрической и призматической формы. Литиевые аккумуляторы имеют срок службы 2-3 года. И это не зависит от того, как интенсивно их эксплуатировали. Они не должны долго где-то храниться, а предназначаются для постоянной работы. Их рабочее напряжение составляет около четырех вольт. Работают в интервале температур от -20 до +60°C. Их саморазряд в первый месяц работы составляет 4-6% [15].

## 6.5 SD/MMCCard



Рисунок 14 - Карта памяти

### Описание:

Карта памяти (рис.14) стандарта microSDHC (T-Flash) Classc адаптером ,4 объемом 4 ГБ. Позволяет сохранять различные типы данных - как мультимедиа контент (звуки, мелодии, картинки, видеозаписи и пр.), так и всевозможные виды документов и файлов.

### Характеристики:

Торговая марка: Transcend

Тип носителя: MicroSD HC

Объем памяти: 4 ГБ

Скорость записи: 4 МБ/сек

Примечание: с адаптером

Гарантийный срок: 6 мес [16] .

Таблица 2. Обозначение портов карты памяти

Номер	Обозначение	Описание
1	CS	Выбор карты
2	DI	Данные для записи в карту
3	Vss	Общий
4	Vdd	Напряжение питания 2,7-3,3v
5	SCLK	Синхроимпульсы шины SPI
6	DO	Данные чтения из карты
7	CD	Данные хранения

## 6.6 Гальваническая развязка

Для обеспечения гальванической развязки схемы портативного кардиографа от электрических цепей ПК используем цифровой изолятор. В качестве цифрового изолятора выбираем микросхему типа ADUM4160 фирмы AnalogDevices (рис ).

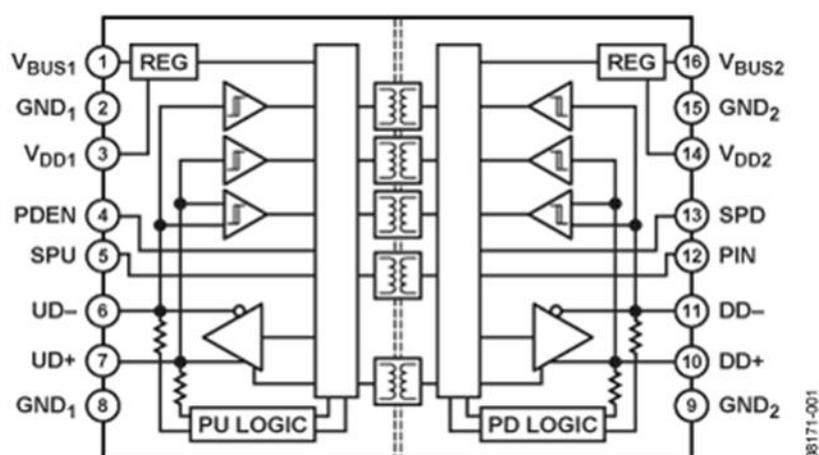


Рисунок 15 - Структурная схема ADUM4160 [17]

В микросхеме реализована высокоскоростная гальваническая развязка USB, выполненная по технологии iCoupler, которая содержит в своем составе КМОП-логику и изолирующие элементы. Микросхема работает с помощью встроенного стабилизатора от 5 В питания получаемого с шины USB или 3,3 В питания получаемого от системы. Кроме того, ADuM4160 обеспечивает контроль нагрузочного резистора с обеспечением гальванической изоляции, давая возможность периферийным устройствам контролировать последовательность подключения. Низкий ток потребления в режиме простоя, (2 мА), исключает необходимость в специальном режиме отключения [17].

Таблица 3. Отличительные особенности микросхему ADUM4160 [18]

Параметр	Значение
Поддержка USB	2.0
Скорость	До 12 Мб/с
Развязка	5 кВ
Напряжение питания	3,3/5 В
Температурный диапазон	-40°C...+105°C
Корпус	SOIC16
двунаправленная связь	Да
защита от короткого замыкания	Да

Принципиальная схема разработанного портативного кардиографа, представлена в приложении А.

## 7 Расчет погрешности

Величина погрешности характеризует точность, являющуюся основной оценкой качества измерительной системы.

Анализ погрешности можно осуществлять по структурной схеме, что даст возможность выявить значение каждого преобразующего блока в формировании общей погрешности.

Погрешность электрокардиографа будет состоять из погрешности аналоговой части и погрешности цифровой части.

Уравнение преобразования аналоговой части разрабатываемого электрокардиографа, состоящего из различных функциональных блоков, соединенных последовательно, имеет вид:

$$U_{\text{ВЫХ}} = K \times U_{\text{ВХ}} \quad (1)$$

где  $U_{\text{ВЫХ}}$  – выходное напряжение аналоговой части;

$U_{\text{ВХ}}$  – регистрируемое входное напряжение;

$K$  – коэффициент преобразования входного напряжения.

При последовательном соединении блоков коэффициент преобразования определяется:

$$K = K_{\text{УБ}}$$

где  $K_{\text{УБ}}$  – коэффициент преобразования усилителя биопотенциалов.

Погрешность по причинам и условиям возникновения делится на основную и дополнительную. Основная погрешность обусловлена не идеальностью свойств измерительной системы и показывает отличие действительной функции преобразования в нормальных условиях от номинальной. Дополнительная погрешность возникает при отклонении условий от нормального значения.

Основная погрешность имеет аддитивную и мультипликативную составляющие.

Мультипликативная погрешность обусловлена изменением коэффициентов преобразования системы [19].

Тогда относительное изменение коэффициента преобразования аналоговой части электрокардиографа для одного канала равно относительной мультипликативной погрешности:

$$\gamma_{\text{мп}} = \sqrt{\sum_{i=1}^N y_i^2} = \sqrt{\gamma_{\text{УБ}}^2} \quad (2)$$

где  $y_i$  – относительная погрешность коэффициента преобразования  $i$ - блока.

Погрешность микроконтроллера также зависит от его разрядности.

Так как мы используем 16– разрядный микроконтроллер MSP430FG4619 фирмы TexasInstruments.

$$N_{\text{мах}} = 2^{16}$$
$$\gamma_{\text{мк}} = \frac{1}{N_{\text{мах}}} \Rightarrow \gamma_{\text{мк}} = \frac{1}{65536} \times 100\% = 0,0015\%$$

В результате относительная мультипликативная погрешность электрокардиографа для одного канала составит:

$$\gamma_{\text{мп}} = \sqrt{\gamma_{\text{мк}}^2} = \sqrt{0,0015^2} = 0,0015\%$$

При условиях отличных от нормальных возникает дополнительная погрешность:

$$\gamma_{\text{доп}} = \sqrt{\gamma_{\text{допДУ}}^2} \quad (3)$$

Температурная погрешность усилителей обусловлена изменением сопротивления резисторов в цепи:

$$\gamma_{\text{допУБ}} = \gamma_{\text{допR19}} = \text{ТКС} \times \Delta T \quad (4)$$

$$\gamma_{\text{допОУ}} = \sqrt{(\gamma_{\text{допR}})^2} \quad (5)$$

где ТКС – температурный коэффициент сопротивления,0С-1;

$\Delta T$ – изменение температуры окружающего воздуха, 0С.

В соответствии с требованиями технического задания диапазон изменения температуры составляет 15°С.

Для резисторов С2-29В:  $TСК = \pm 25 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$

Следовательно,  $\gamma_{\text{допУБ}} = 0,04\%$

Таким образом, дополнительная температурная погрешность измерителя составляет:  $\gamma_{\text{доп}} = 0,1\%$

Дополнительная погрешность находится в норме, так как не превышает основную.

Анализ погрешности показал, что полученная погрешность не превышает 1%, то есть соответствует техническому заданию на электрокардиограф.

## **8 Социальная ответственность**

В соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» к рабочему месту предъявляются следующие требования:

- 1 Достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществить все необходимые движения и перемещения.
- 2 Достаточные зрительные, физические и слуховые связи между инженером и машиной.
- 3 Оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места.
- 4 Рабочее кресло должно легко перемещаться и поворачиваться, иметь регулируемое по высоте сиденье, наклон спинки и сиденья, а также оптимальную твёрдость рабочих поверхностей.

Экран дисплея должен быть размещен на оптимальном расстоянии от оператора (0,6 - 0,7 м.), при этом плоскость экрана должна быть перпендикулярна линии зрения, что достигается наклоном рабочих панелей, которые должны обеспечивать регулировку угла наклона по горизонтали в пределах 20° и по вертикали 30°. Монитор должен иметь регулировку яркости и контраста.

Клавиатура должна располагаться так, чтобы рабочие движения находились в наиболее доступной зоне.

### **8.1 Техногенная безопасность**

#### **8.1.1 Анализ вредных факторов**

Неблагоприятные условия микроклимата

Работа персонала, обслуживающего вычислительную технику, относится к категории 1а (затраты энергии до 120 ккал/ч), так как она

выполняется сидя или связана с перемещениями без систематического физического напряжения и переноса тяжестей. В помещении, оснащённом средствами вычислительной техники, должны поддерживаться оптимальные значения температуры, скорости движения воздуха и относительной влажности воздуха. Это обусловлено тем, что умственный труд характеризуется напряжением и для обеспечения высокой работоспособности необходимо поддерживать оптимальные показатели микроклимата, которые указаны в таблице 4.

Таблица 4. Характеристики параметров микроклимата помещения[20]

Наименование параметров и единицы измерения	В холодное время	В теплое время
Температура, °С	20...22	22...25
Относительная влажность, %	30...60	30...60
Скорость движения воздуха, м/с	Не более 0.2	Не более 0.5

В помещении должна ежедневно проводиться влажная уборка. Для повышения влажности воздуха используются увлажнители.

Подача воздуха должна осуществляться путем кондиционирования, что обеспечивает автоматическое поддержание параметров микроклимата в необходимых пределах в течение всего года; очистку воздуха от пыли, бактерий.

Длительное влияние высокой температуры в сочетании со значительной влажностью может привести к накоплению тепла в организме и к гипертермии – состоянию, при котором температура тела повышается до 38...40 °С. При низкой температуре, значительной скорости и влажности воздуха возникает переохлаждение организма – гипотермия. Вследствие воздействия низких температур могут возникнуть холодовые травмы.

В нашем помещении температура: зимой  $t=20...24$  °С; летом  $t=21...25$  °С. Влажность 50%, скорость движения воздуха - 0.4 м/с. Эти данные соответствуют нормам.

## Недостаточное освещение

Освещение исключительно важно для человека. С помощью зрения человек получает большую часть информации (около 90 %), поступающей из окружающего мира. Освещение влияет не только на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, но и на психику человека, его эмоциональное состояние. Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению производительности и качества труда, получения травм.

Для того чтобы обеспечить условия, необходимые для зрительного комфорта, в системе освещения должны быть реализованы следующие предварительные требования:

- достаточное и равномерное освещение;
- оптимальная яркость;
- отсутствие бликов и ослепленности;
- соответствующий контраст;
- правильная цветовая гамма;
- отсутствие стробоскопического эффекта или пульсации света.

При устройстве общего освещения рекомендуется вместо висящих ламп установить потолочное освещение, при котором отражённый свет создаёт более равномерную освещённость. Светильники должны располагаться вдоль рабочего места, чтобы искусственный свет имел такое же направление, что и естественный. Освещённость рабочего места при комбинированном освещении должна составлять 200- 300 лк[21].

## Шум на рабочих местах

Важным условием повышения труда оператора является звукоизоляция служебных помещений. Длительное воздействие на человека

шума, уровень которого превышает допустимые нормы, отрицательно влияет на организм человека, и в первую очередь на его центральную нервную и сердечно-сосудистую системы, в результате чего ослабляется внимание, увеличивается количество ошибок в действиях работающего, снижается производительность труда.

Источниками шумов в помещении, оборудованном средствами вычислительной техники, являются:

- персональные компьютеры;
- вентиляторы в блоках ПК;
- устройства ввода- вывода (принтеры, дисководы и т.п.).

Так же шум, проникает извне, их создают: трамвай, троллейбусы и автобусы; мотоциклы и мопеды, грузовые машины; оживленные спортивные площадки и пришкольные дворы ; гаражи, бензозаправочные станции; сигнализация машин, строительные площадки, и спецтехника.

Уровни шума на рабочих местах должны соответствовать требованиям: уровень шума не должен превышать 60 дБА[22].

Для обеспечения уровня шума в допустимых пределах и в случаях, когда он не удовлетворяет техническим нормам, проводят следующие мероприятия:

- ослабление шума в источниках его возникновения;
- экранирование рабочего места;

## Электромагнитное излучение

Источником электромагнитного излучения в производственном помещении является персональный компьютер.

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля радиочастотного диапазона на организм человека наблюдаются нарушения сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной систем, изменение химического состава крови.

Для защиты от внешнего облучения, возникающего при работе с персональным компьютером и дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;
- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до оператора было не менее 60-70 см; также применяют экранирование.

Таблица 5. Допустимые значения параметров электромагнитных излучений [23]

Наименование параметра	Допустимые значения
Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора	10В/м
Напряженность магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50см от поверхности видеомонитора	0,3А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать: для взрослых пользователей для детей дошкольных учреждений и учащихся средних специальных и высших учебных заведений	20кВ/м 15кВ/м

Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом.

### 8.1.2 Анализ опасных факторов

Поражение электрическим током

Физиологическое воздействие статического электричества на организм человека может проявляться в форме малого тока длительно протекающего через тело, кратковременных электрических разрядов

действующего на организм человека. Действие статического электричества смертельной опасности не представляет, но неблагоприятно отражается на состоянии здоровья человека. Вызываемые статическим электричеством неприятные ощущения являются этиологическим фактором неврастенического синдрома, головной боли, плохого сна, неприятных ощущений. Всё это сказывается на работоспособности оператора ПК.

Причинами возникновения статического электричества является электромагнитное поле, возникающее при работе электрических устройств и способность ПК накапливать статическое электричество. Наличие большого количества связанных устройств затрудняет удаление этого фактора.

С целью отвода статического электричества применяют заземление, которое представляет собой единую неразрывную линию, присоединённую в нескольких местах к заземляемому устройству.

Мероприятия по защите от статического электричества:

- заземление различных частей ПК;
- использование специальной хлопчатобумажной одежды обслуживающим персоналом;
- поддержка оптимальной влажности (60-40%) в помещении;

Допустимые уровни напряжённости электростатических полей не должны превышать 20 кВ/м в течение 1 часа. В помещении необходимо контролировать уровень аэроионизации. Оптимальным уровнем аэроионизации в зоне дыхания человека считается содержание лёгких аэроионов обоих знаков от  $1,5 \cdot 10^2$  до  $5 \cdot 10^3$  в 1 см<sup>3</sup> воздуха[24].

## Пожары

Причины возникновения пожаров в производственных помещениях:

- несоблюдение правил эксплуатации оборудования;
- разряды статического электричества;
- солнечный луч, действующий через различные оптические системы.

## Предотвращение и борьба с пожарами

Методы противодействия пожару делятся на уменьшающие вероятность возникновения пожара (профилактические) и непосредственно защиту и спасение людей от огня. Для оперативного реагирования на пожар применяют пожарные оповещатели различных типов.

Основные требования предотвращения пожара на территории Российской Федерации определяются нормативными [25].

Более подробно вопрос о пожарной безопасности рассматривается в п. 8.5.

## 8.2 Региональная безопасность

Нарушение естественного состояния окружающей среды, ведущее к деградации всего живого и представляющее угрозу здоровью человека. Население земного шара постоянно растет, продолжается стремительный рост городов – вследствие чего потребление различных материальных ресурсов, товаров и энергии на душу населения непрерывно увеличивается.

Защита окружающей среды - это комплексная проблема, требующая усилий ученых и всего человечества. Особое значение имеет количественная оценка последствий загрязнения окружающей среды и, в первую очередь, ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением атмосферы. Наиболее активной формой защиты окружающей среды от вредного воздействия выбросов является переход к безотходным и малоотходным технологиям и производствам. Это потребует решения целого комплекса сложных технологических и организационных задач, основанных на использовании новейших научно-технических достижений [26].

Персональный компьютер, в современном мире, потребляет электроэнергию экономично, что приводит к уменьшению влияния вредных выбросов на экологическую обстановку.

Утилизация неисправных деталей персональных компьютеров должны передаваться либо государственным организациям, занимающихся уничтожением, либо организациям, которые занимающимся переработкой отходов. При грамотной утилизации около 95% отходов техники способны вернуться к нам в том или ином виде, и примерно 5% отправляются на свалки или федеральные заводы по переработке твердых бытовых отходов[27].

### **8.3 Организационные мероприятия обеспечения безопасности**

Эффективность трудовой деятельности в значительной степени зависит от организации рабочего места. Правильное расположение и компоновка рабочего места, обеспечение удобной позы и свободы рабочих движений, использование оборудования, отвечающего требованиям эргономики и инженерной психологии, обеспечивают наиболее эффективный трудовой процесс, уменьшают утомляемость и предотвращают опасность возникновения профессиональных заболеваний.

Основные этапы разработки измерительной системы, а также составление программного обеспечения, проводились за персональным компьютером. Поэтому важными являются вопросы эргономики рабочего места человека работающего с компьютером.

Оптимальная поза человека в процессе трудовой деятельности обеспечивает высокую работоспособность и производительность труда. Основное требование к рабочей позе — это прямая осанка. Продолжительная сидячая работа вредна, т.к. могут возникать застойные явления в органах таза, деформация позвоночника, затруднение работы органов кровообращения и дыхания. Следовательно, и здоровье, зависят от размеров и дизайна рабочего места (таблица 5).

Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям приведенных в таблиц 6.

Таблица 6 – Параметры рабочего места[28]

Параметры	Значение параметра	Реальные значения
Высота рабочей поверхности стола, мм	655...975	700
Высота сидения, мм	400...500	500
Высота от сиденья до рабочей поверхности, мм	200	200
Удалённость клавиатуры, мм	Не менее 80	100
Удалённость экрана монитора, мм	500...700	600
Угол наклона монитора, град.	0...20	0

При оформлении рабочего места большое значение имеет цветовое решение. Психофизическое воздействие цвета — первый и наиболее важный фактор, учитывая характер производимых работ, следует выбирать оттенки “холодных” цветов, которые не рассеивали бы внимание в рабочей зоне. Т.к. работа требует спокойствия и сосредоточенности.

#### **8.4 Законодательное регулирование**

В Конституции России сказано, что граждане России имеют право на охрану здоровья. Это право обеспечивается развитием и совершенствованием техники безопасности и производственной санитарии, проведением широких профилактических мероприятий; мерами по оздоровлению окружающей среды.

Главным направлением государственной политики в области охраны труда является обеспечение приоритета сохранения жизни и здоровья работников. Это достигается путем принятия и реализации федеральных законов и иных нормативных правовых актов Российской Федерации, законов и иных нормативных правовых актов субъектов Российской Федерации об охране труда, а также федеральных целевых, отраслевых целевых и территориальных целевых программ улучшения условий и охраны труда.

Основными направлениями государственной политики в области охраны труда являются: государственный надзор и контроль над соблюдением требований охраны труда;

- расследование и учет несчастных случаев и профессиональных заболеваний на производстве;
- защиту законных интересов работников, пострадавших от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, а также членов их семей на основе обязательного социального страхования работников от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний ;
- установление порядка обеспечения работников средствами индивидуальной и коллективной защиты, а также санитарно-бытовыми помещениями и устройствами, лечебно-профилактическими средствами за счет средств работодателей.

Реализация государственной политики в области охраны труда обеспечивается согласованными действиями органов государственной власти Российской Федерации, органов государственной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления, работодателей, объединений работодателей, а также профессиональных союзов, их объединений и иных уполномоченных работников представительных органов по вопросам охраны труда[29].

## **8.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайные ситуации (ЧС) возникают в результате землетрясений, наводнений, ураганов, снегопадов, крупных аварий, взрывов и пожаров.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией является пожар. Возникновение пожара в зданиях, особенности распространения огня в них зависит от того, из каких материалов (конструкций) они выполнены. Помещение имеет бетонные стены и, по степени возгорания относится к трудносгораемым.

Причинами пожара при проектировании и сборки системы могут быть:

- 1 небрежное отношение с нагревательными приборами;
- 2 токи короткого замыкания, нагревающие проводники до температуры, которая может привести к воспламенению изоляции;
- 3 электрические перегрузки проводов;

- 4 плохие контакты в местах соединения проводников, вследствие чего выделяется большое количество тепла.

Производственное помещение по пожарной опасности относится к категории В, так как в нём имеются сгораемые вещества и материалы.

При возникновении пожара персонал должен действовать следующим образом:

- 1 о замеченном пожаре сразу же сообщить в пожарную охрану и приступить к тушению, определив место очага и сняв напряжение;
- 2 тушение пожара водой без снятия напряжения не допускается;
- 3 при тушении должно уделяться внимание целостности установленной внутри помещения аппаратуры.

Мероприятия по повышению пожарной безопасности: использование первичных средств пожаротушения (допускается применение газовых и порошковых огнетушителей типа ОУ-2); эксплуатационные: правильная эксплуатация оборудования; правильное содержание помещения и режимные: проведение профилактических осмотров; наблюдение за наличием и исправностью противопожарного оборудования.

На случай землетрясения нужно укрыться в безопасных местах, таких как проемы окон, дверей или по возможности вообще покинуть здание. Всем пострадавшим помочь выбраться из разрушений и постараться оказать первую помощь до приезда врачей. Наиболее ценное оборудование рекомендуется ставить ближе к проемам окон и дверей.

При возникновении чрезвычайной ситуации работа прекращается, специальные приборы, и объекты исследований укладываются в технологическую тару и убираются в специальные шкафы. Люди покидают пределы здания в соответствии с правилами безопасности для определенного вида чрезвычайных ситуаций[30].

## **9 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **9.1 Планирование комплекса работ на создание проекта**

Составление перечня работ

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 7:

Таблица 7. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Работы	Содержание работы	Исполнители
I. Подготовительный	1	Получение и анализ задания	Руководитель, студент
	2	Утверждение технического задания	Руководитель, Студент
	3	Календарное планирование работ	студент
II. Основной	4	разработка структурной схемы	Руководитель, Студент
	5	Разработка, выбор и расчет принципиальной схемы прибора	Студент
	6	Расчет погрешностей и надежности	Студент
	7	Разработка конструкции прибора	Студент
III. Заключительный	8	Подведение итогов работы	Руководитель, Студент
	9	Оформление пояснительной записки	Студент
	10	Изготовления графического материала	Студент
	11	Сдача готового проекта	Студент

Определение трудоемкости работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим

методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (6)$$

где  $t_{ожi}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\min i}$  - минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  - максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (7)$$

где  $T_{pi}$  - продолжительность одной работы, раб.дн.;

$t_{ожi}$  - ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

$Ч_i$  - численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} * k, \quad (8)$$

где  $T_{ki}$  - продолжительность выполнения одной работы, календ.дн.;

$T_{pi}$  - продолжительность одной работы, раб.дн.;

$k$  – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{кз}}{T_{кз} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (9)$$

где  $T_{кз}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вд}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пд}$  – количество праздничных дней в году.

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k = \frac{T_{кз}}{T_{кз} - T_{вд} - T_{пд}} = \frac{365}{366 - 119} = 1,45$$

тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ  $T_{к}$  нужно округлить до целых чисел.[31]

Результаты расчетов приведены в таблице 8

Таблица 8 .Временные показатели проведения ВКР

Номер работ	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Длительность работ, чел - дни	
		tmin	tmax	тож	Тр	Тк
1	Руководитель, студент	1	1	1	0,5	1
2	Руководитель, студент	2	3	2,4	1,2	2
3	Студент	2	3	1	1	1
4	Руководитель, студент	2	3	2,4	1,2	2
5	Студент	15	25	19	19	28
6	Студент	3	5	3,8	3,8	6
7	Студент	5	7	5,8	5,8	8
8	Руководитель, студент	2	4	2,8	1,4	2
9	Студент	5	7	5,8	5,8	8
10	Студент	10	15	12	12	18
11	Студент	3	5	3,8	3,8	6
Итого:				59,8		82

### Построение графика работ

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в рамках таблицы 3 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей.[32]

Таблица 9. Календарный план проведения НИР.

Номер работы	Содержание	Исполнители	tk	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Получение и анализ задания	Руководитель, студент	1	1				
2	Утверждение технического задания	Руководитель, студент	2	2				
3	Календарное планирование работ	Студент	1	1				
4	разработка структурной схемы	Руководитель, Студент	2	2				
5	Разработка, выбор и расчет принципиальной схемы прибора	Студент	28		28			
6	Расчет погрешностей и надежности	Студент	6		6			
7	Разработка конструкции прибора	Студент	8			8		
8	Подведение итогов работы	Руководитель, Студент	2				2	
9	Оформление пояснительной записки	Студент	8				8	
10	Изготовления графического материала	Студент	17				17	
11	Сдача готового проекта	Студент	6					6

 - руководитель; 
  - студент

## 9.2 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

### Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i * N_{расхи}, \quad (10)$$

Где,  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхи}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_t$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы[33].

Таблица 11. Материальные затраты

Наименование	Единица измер.	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.		
		Экс. 1	Экс. 2	Экс. 3	Экс. 1	Экс. 2	Экс. 3	Экс. 1	Экс. 2	Экс. 3
Бумага	лист	150	100	130	2	2	2	335	235	179
Картридж	шт.	1	1	1	1000	1000	1000	1260	1260	1260
Интернет	М/бит (пакет)	20	20	20	250	250	250	425	425	425
Ручка	шт.	1	1	1	20	20	20	20	20	20
Набор для черчения	шт.	1	1	1	150	150	150	200	200	200
Дополнительная литература	шт.	2	2	2	400	350	330	820	400	380
Тетрадь	шт.	1	1	1	10	10	10	14	14	14
<b>Итого</b>								3074	2554	2478

Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

При покупке оборудования следует учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его стоимости.

Таблица 11. Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, руб.		
		Экс.1	Экс.2	Экс.3	Экс.1	Экс.2	Экс.3	Экс.1	Экс.2	Экс.3
1	Резисторы	7	8	7	6	12	6	49,3	52	49,3
2	Микроконтроллер MSP430FG4619	1	1	1	1749,5	1512	1749,5	2011,9	1738,8	2011,9
3	Паяльник	1	1	1	250	250	250	300	300	300
4	Припой	1	1	1	95	95	95	109,25	109,25	109,25
5	Корпус	1	1	1	300	300	300	345	345	345
6	Текстолит	1	1	1	80	80	80	92	92	92
7	ЖК-дисплей	1	1	1	597,07	680,01	597,07	686,63	782,01	686,63
8	Разъем DUAL-23	1	1	1	10	20	10	11,5	23	11,5
9	Литиевый аккумулятор IMR 10440	1	1	1	200	200	200	230	230	230
10	электрод F 9010PSSC	2	3	2	415	615	415	954,5	707,25	954,5
11	Карта памяти	1	1	1	190	190	190	218,5	218,5	218,5
<b>Итого</b>								5008,58	4506,73	5008,58

Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблица 12 [34]

Таблица 12. Расчет основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб.
1	Получение и анализ задания	Руководитель Студент	1	3,6	3,6
2	Утверждение технического задания	Руководитель Студент	2	0,8	8,8
3	Календарное планирование работ	Студент	1	0,8	0,8
4	разработка структурной схемы	Руководитель Студент	2	1,6	11,6
1235	Разработка, выбор и расчет принципиальной схемы прибора	Студент	28	3,4	22,4
6	Расчет погрешностей и надежности	Студент	6	0,8	4,8
7	Разработка конструкции прибора	Студент	8	0,8	6,4
8	Подведение итогов работы	Руководитель, Студент	2	5,2	10,4
9	Оформление пояснительной записки	Студент	8	0,8	6,4
10	Изготовления графического материала	Студент	18	8,1	19,2
11	Сдача готового проекта	Студент	6	4,8	28,8
<b>Итого</b>					123

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (11)$$

Где,  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{\text{осн}}$ ),

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 34000 рублей, а студента 8800 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = K_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, \quad (12)$$

Где,  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).[34]

Таким образом, заработная плата руководителя равна 41000 рублей, студента – 9800 рублей.

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = K_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (13)$$

Где,  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) [34].

На 2015 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2015 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таблица 13. Отчисления во внебюджетные фонды

<b>Исполнитель</b>	<b>Основная заработная плата, руб.</b>	<b>Дополнительная заработная плата, руб.</b>
Руководитель проекта	34000	4612
Студент-дипломник	8800	1036
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
<b>Итого</b>		<b>14 000</b>

### Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) * K_{\text{нр}}, \quad (14)$$

Где,  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом эксперименте равны:  $Z_{\text{накл}} = 170605 * 0,16 = 27296$  руб.

## Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 14. Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Экс. 1	Экс. 2	Экс. 3
1. Материальные затраты НИИ	3074	2554	2478
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	5008,58	4506,73	5008,58
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	123000	123000	123000
4. Затраты по дополнительной заработной плате	14280	14280	14280
5. Отчисления во внебюджетные фонды	14000	14000	14000
6. Накладные расходы	27296	25026	23948
7. Бюджет затрат НИИ	186658,58	183366,73	186658,58

### 9.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (15)$$

Где  $I_{финр}^{исп.i}$  - интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  - стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$  - максимальная стоимость исполнения научно- исследовательского

проекта (в т.ч. аналоги)[35].

$$I_{\text{финр}}^{\text{экс.1}} = \frac{186658,58}{186658,58} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{экс.1}} = \frac{183366,73}{186658,58} = 0,982$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{экс.1}} = \frac{186658,58}{186658,58} = 1$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a^i * b^i, \quad (16)$$

где:  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a^i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки; а

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения[35].

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (таблица 1 5).

Таблица 15. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Объект исследования Критерии	Весовой ко- эффициент параметра	Экс.1	Экс.2	Экс.3
1. Надежность	0,2	4	5	4
2. Универсальность	0,2	5	4	5
3. Уровень материалоемкости.	0,15	5	4	5
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,20	4	5	4
5. Ремонтпригодность	0,1	5	5	5
6. Энергосбережение	0,15	5	4	5
ИТОГО	1	3,8	4.65	3,15

$$I_{p-экс1} = 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,1 = 4,55;$$

$$I_{p-экс2} = 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 = 4,5;$$

$$I_{p-экс3} = 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 = 4,5$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле [35]:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}, \quad (17)$$

$$I_{экс1} = \frac{4,55}{1} = 4,55$$

$$I_{\text{экс1}} = \frac{4,5}{0,982} = 4,58$$

$$I_{\text{экс1}} = \frac{4,5}{1} = 4,5$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.5.2) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.}i}}{I_{\text{исп.} \max}} \quad (18)$$

Таблица 16. Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Экс.1	Экс.2	Экс.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,982	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	4,5	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	4.55	4,58	4.5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,993	1	0,982

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии во втором эксперименте является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности[36].

## 10 Расчет надежности

Надежность - одно из важнейших свойств изделий, в том числе электронных измерительных устройств, которое определяет их эксплуатационную пригодность. Показатели надежности являются основными техническими параметрами изделия наряду с точностью, массогабаритными характеристиками и т.д. Техническое задание на разработку любого измерительного устройства должно обязательно содержать раздел с требованиями по надежности.

Согласно ГОСТ 27.002-89 под надежностью понимается свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значений всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования[37].

Отметим, что признаки, по которым оценивается надежность любого технического устройства, называются критериями. К основным критериям надежности относятся:

- Безотказность – это свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки.
- Долговечность - это свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонтов.
- Ремонтопригодность - это свойство объекта, заключающееся в приспособлении к предупреждению и обнаружению причин возникновения их последствий путем проведения профилактических и капитальных ремонтов и технического обслуживания.
- Сохраняемость – это свойство объекта сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующие способность объекта

выполнять требуемые функции в течение использования, после хранения и транспортировки[38].

Важно отметить, что понятие надежности для любого технического устройства связано с отказами.

Отказ – это событие, которое заключается в нарушении работоспособного состояния объекта [39].

При этом под работоспособностью понимается такое состояние изделия или устройства, при котором оно способно выполнять заданные функции с параметрами, установленными требованиями технической документации.

В настоящее время существуют различные варианты классификации отказов. Отказы для радиоэлектронных устройств можно классифицировать:

- 1 по характеру возникновения отказа: внезапные и постепенные;
- 2 по времени существования отказа: постоянный, временной и перемежающийся (временные отказы, которые следуют один за другим);
- 3 по характеру проявления отказа: явный и неявный;
- 4 по зависимости отказов между собой: зависимый и независимый;
- 5 по причине возникновения отказа: конструктивный, производственный, эксплуатационный и деградационный.

Важно отметить, что надежность является комплексным свойством любого технического устройства. На практике с количественной стороны надежность оценивается рядом критериев, которые получили название показателей надежности. Основные единичные и комплексные показатели приведены в таблице 17.

Таблица 17. Показатели надежности

Свойства	Показатель
Безотказность	-вероятность безотказной работы -интенсивность отказов -средняя наработка до отказа -параметр потока отказов -средняя наработка на отказ
Ремонтопригодность	-вероятность восстановления -интенсивность восстановления -среднее время восстановления
Безотказность и ремонтпригодность	-коэффициент готовности -коэффициент простоя -коэффициент технического использования -коэффициент оперативной готовности
Долговечность	-назначенный ресурс -средний ресурс между капитальными (средними) ремонтами -средний срок службы
Сохраняемость	-средний срок сохраняемости

Необходимо отметить, что на надежность любого технического устройства влияют многочисленные факторы, имеющие место на этапах его проектирования, производства и эксплуатации [39].

Соответственно различают:

- 1 Расчетную надежность;
- 2 Производственную надежность;
- 3 Эксплуатационную надежность.

Следует заметить, что в идеальном случае значения расчетной, производственной и эксплуатационной надежностей должны совпадать.

Расчёт надежности проектируемой технической системы заключается в определении показателей надежности системы по известным

характеристикам надежности составляющих элементов конструкции и компонентов системы с учетом условий эксплуатации [39].

Основным показателем безотказности изделия - вероятность безотказной работы  $P(\tau)$ . Вероятность безотказной работы  $P(\tau)$  - это безразмерная величина, которая зависит от времени наработки  $\tau$  и изменяющаяся в пределах от 0 до 1.

Для нерезервированных систем на основном временном участке работы, когда приработка изделия завершена и производственные дефекты, если такие выявились, устранены, а износ еще не наступил, то вероятность безотказной работы вычисляется по формуле:

$$P(\tau) = \exp\left(-\sum_{i=1}^m (\lambda_i \tau)\right), \quad (19)$$

где  $\lambda_i$  - интенсивность отказа  $i$  – элемента,  $m$  – число элементов.

Таким образом, вероятность безотказной работы уменьшается со временем по экспоненциальному закону от значения 1. При этом интенсивность отказа системы определяется по формуле:

$$\lambda_c = \sum_{i=1}^m \lambda_i \quad (20)$$

А среднее время наработки до отказа есть величина обратная  $\lambda_c$

(21)

$$T = \frac{1}{\lambda_c}$$

Интенсивность отказа элементов и компонентов проектируемой системы (устройства) с учетом условий эксплуатации устройства можно определить по следующей формуле:

$$\lambda_i = \lambda_{0i} * K1 * K2 * K3 * K4 * a_i(t_k, K_n), \quad (22)$$

где  $\lambda_{0i}$  - номинальная интенсивность отказа  $i$ -го элемента или компонента;

$K_1, K_2$  - поправочные коэффициенты на воздействие механических факторов;

$K_3$  - поправочный коэффициент на воздействие влажности;

$K_4$  - поправочный коэффициент на давление воздуха;

$a_i(t_k, K_H)$  - поправочный коэффициент на температуру поверхности компонента ( $t_k$ ) и коэффициента электрической нагрузки ( $K_H$ ) [39].

Значения номинальной интенсивности отказов компонентов  $\lambda_{0i}$  берутся из условий на данный компонент или из справочников, содержащих такие сведения. В таблице 17 приведены значения номинальной интенсивности отказов для некоторых типов элементов.

Таблице 17. Значения номинальной интенсивности отказов

Наименование элемента	$\lambda_{cp} * 10^{-6}, 1/\text{час}$
Конденсаторы керамические	0,15
Резисторы прецизионные	0,0125
Конденсаторы керамические	0,2
Интегральные микросхемы	0,01
Кварцевый резонатор	0,026
Дроссель	0,34
Выключатель	3,9
Плавкая вставка	7,2

В таблице 18 приведены значения отдельных поправочных коэффициентов  $K_1$  и  $K_2$ , учитывающих влияние механических воздействий.

Таблица 18. Поправочные коэффициенты влияния механических воздействий

Условия эксплуатации аппаратуры	Вибрация $k_1$	Ударные нагрузки $k_2$	Суммарное воздействие $k_\Sigma$
Лабораторные	1,0	1,0	1,0
Стационарные (полевые)	1,04	1,03	1,07
Корабельные	1,3	1,05	1,37
Автофургонные	1,35	1,08	1,46
Железнодорожные	1,4	1,1	1,54
Самолетные	1,46	1,13	1,65

В таблице 19 приведены значения поправочного коэффициента  $K_3$ , учитывающего влияние влажности.

Таблица 19. Поправочный коэффициент на воздействие влажности [39]

Влажность, %	Температура, °С	Поправочный коэффициент $k_3$
60...70	20...40	1,0
90...98	20...25	2,0
90...98	30...40	2,5

В таблице 20 приведены значения поправочного коэффициента  $K_4$ , учитывающего влияние атмосферного давления.

Таблица 20. Коэффициент влияния атмосферного давления [39]

Давление, кПа	Поправочный коэффициент $k_4$	Давление, кПа	Поправочный коэффициент $k_4$
0,1...1,3	1,45	32,0...42,0	1,2
1,3...2,4	1,40	42,0...50,0	1,16
2,4...4,4	1,36	50,0...65,0	1,14
4,4...12,0	1,35	65,0...80,0	1,1
12,0...24,0	1,3	80,0...100,0	1,0
24,0...32,0	1,25		

Коэффициенты электрической нагрузки  $K_n$  компонентов определяются отношением значения контролируемого параметра (тока, напряжения или мощности) рассматриваемого компонента к максимально возможному (допустимому) по техническим условиям значению этого параметра. Отметим, что в качестве контролируемого параметра для конкретного компонента устройства выбирается тот, от которого в наибольшей степени зависит надежность данного компонента. Контролируемые параметры и формулы вычисления коэффициентов нагрузки для основных видов элементов приведены в таблице 21.

Таблица 21. Коэффициенты нагрузки компонентов [39]

Компоненты	Контролируемые параметры	Коэффициент нагрузки $K_H$
Микросхемы	Входной ток микросхем, включенных на выходе, $I_{вхi}$ Максимальный выходной ток $I_{выхmax}$ Число нагруженных входов $n$ .	$\frac{\sum_{i=1}^n I_{вхi}}{I_{выхmax}}$
Транзисторы	Мощность рассеиваемая на коллекторе, $P_k$	$P_k/P_{k доп}$
Полупроводниковые диоды	Обратное напряжение $U_o$	$U_o/U_{o доп}$
Конденсаторы	Напряжение на обкладках $U$	$U/U_{доп}$
Трансформаторы	Ток нагрузки $I_H$	$I_H/I_{H доп}$
Электрические соединители	Ток $I_k$	$I_k/I_{k доп}$
Резисторы	Рассеиваемая мощность $P$	$P/P_{доп}$

Для всех элементов принципиальной схемы устройства рассчитаем коэффициенты нагрузки. Результаты по определению уровня нагрузки приведены в таблице 22.

Таблица 22. Расчет коэффициентов нагрузки

Элемент	Обозначение элемента	Отношение параметров	Коэффициент нагрузки, $k_H$
Конденсаторы	C1-C4	$K_H = \frac{U_P}{U_{НОМ}}$	0,5
	C5		0,2
	C6-C9		0,5
Резисторы	R1	$K_H = \frac{P_P}{P_{НОМ}}$	0,6
	R2,R3		0,4
	R4-R6		0,8
Дроссель	L1,L2	$I/I_H$	0,8
Микросхемы	DD1	-	1
Паяльные соединения	-	-	1
Разъёмы	-	-	1

Рассмотрим алгоритм определения поправочного коэффициента  $a_i(t_k, k_H)$ .

При определении коэффициента  $a_i(t_k, k_H)$ , необходимо соблюдать следующее отношение температур:

$$t_c < t_{ky} < t_{cp} \leq t_{ki}, \quad (23)$$

где  $t_c$  – температура окружающей среды,  $t_{ку}$  – температура корпуса устройства,  $t_{cp}$  – температура воздуха внутри устройства,  $t_{ki}$  – температура поверхности корпуса электронного  $i$ -го компонента.

Значения коэффициентов  $a_i(t_k, k_n)$  определяем по графикам (см. приложение).

Несколько видов графиков (только для примера) приведены ниже.

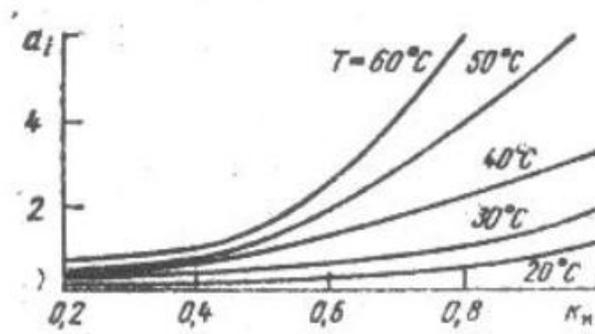


Рисунок 16. Зависимость  $\alpha_i(T, k_n)$  для дросселей и трансформаторов.

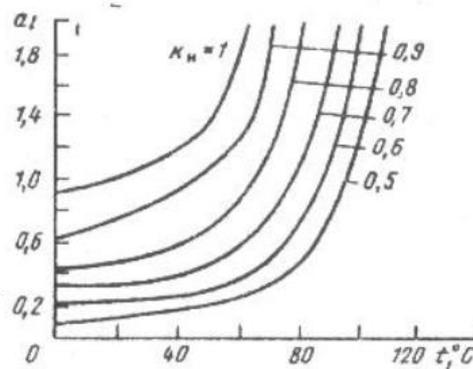


Рисунок 17. Зависимость  $\alpha_i(T, k_n)$  для конденсаторов.

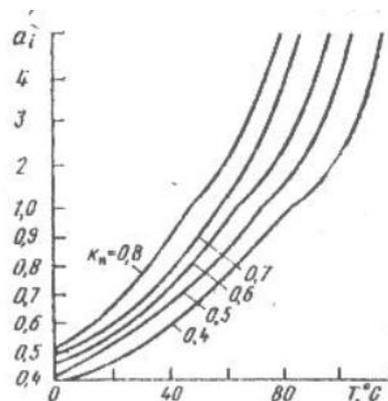


Рисунок 18. Зависимость  $\alpha_i(T, k_n)$  для резисторов.

Таблица 23. Интенсивности отказов компонентов проектируемого устройства

№ гр. Элементов	Наименование элемента	Схемное обозначение элементов	Количество элементов в группе Nn	$\lambda_{0i} \cdot 10^{-6}$ 1/ч	t , с	$k_n$	$\alpha_i(T, k_1)$	Интенсивность отказов элементов группы с учетом внешних условий $\lambda_{0i} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4$	Интенсивность отказов в рабочем режиме $\lambda_{0i} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot \alpha_i(T, k_1)$	Интенсивность отказов группы элементов
1	Конденсаторы	C1-C4, C5, C6-C9	9	0,2	25	3	0,2	0,6	0,12	1,08
2	Резисторы постоянные	R1-R6	6	0,0125	25	1,5	0,57	0,43	0,2451	1,47
3	Индуктивность	L1,L2	2	0,34	25	1,5	0,07	0,51	0,0357	0,09
4	Микросхемы	DD1	1	0,01	25	1	-	0,01	-	0,01
5	Паяльные соединения	-	112	-	-	-	-	0,001	-	0,112
6	Разъёмы	-	2	-	-	-	-	0,062	-	0,124
ИТОГО										$2,9 \cdot 10^{-6}$

Следовательно, среднее время безотказной работы:

$$T_{CP} = \frac{1}{\lambda_c} = 344827 \text{ (час)} \quad (24)$$

Получаем вероятность безотказной работы устройства в течение 1000

часов:  $P_C(t) = e^{-\frac{t}{T_{CP}}} = e^{-\frac{1000}{344827}} = 0,997(25)$

Произведенные расчеты показывают, что разработанное устройство удовлетворяет условиям технического задания по требованиям к показателям надежности.

## 11 Конструкторская часть

Разработанный портативный кардиограф предназначен для диагностики различных видов аритмий в домашних условиях, запись ЭКГ, с возможностью передачи данных на компьютер.

При проектировании прибора необходимо учитывать всю совокупность требований, предъявляемых к нему, поэтому разработка конструкции проводится с учётом совокупности основных технологических и эксплуатационных требований [40]:

- минимальное количество деталей в конструкции, простота сборки;
- надёжность и высокая помехоустойчивость деталей;
- механическая жёсткость и прочность;
- минимальная погрешность;
- эргономичность конструкции;
- удобство эксплуатации прибора.
- удобство осмотра и ремонта;
- малая потребляемая мощность;
- электрическая безопасность;
- безвредность.

Основными узлами прибора являются встроенные электроды, карта памяти, дисплей и микроконтроллер.

Принципиальная схема прибора представлена в Приложение А.

Портативный кардиограф имеет панель управление, в нее входят функциональные клавиши :вкл/выкл, меню, передвижение вниз, вверх, влево и вправо, старт/стоп, ввод.

В качестве электродов используются уже готовые встроенные электроды многократного применения F 9010PSSC, ТУ 9442-001-02070269-2003. Группа в зависимости от воспринимаемых механических воздействий-2

по ГОСТ Р 50444. Класс в зависимости от потенциального риска применения – 1 по ГОСТ Р 51609. Материал электродов не оказывает вредного воздействия на организм человека, электроды по электробезопасности соответствуют ГОСТ 12.2.0.25, ГОСТ 25995 [41].

Конструктивно портативный кардиограф выполнен в малогабаритном корпусе, который представлен на Чертеже общего вида, в Приложении Б.. Передняя панель выполнена с учётом требований эргономики и технической эстетики. На передней панели расположен дисплей и панель управления. На боковой части панели предусмотрены разъемы USB 2.0 , типа А , для подключения к ЭВМ. Для питания электрокардиографа используются два литиевых аккумулятора типа АА. Шлейфы выполнены разъёмными.

В целом, конструкция данного электрокардиографа отвечает конструктивно-технологическим требованиям, эксплуатационным и экономическим требованиям, оптимальное сочетание которых обеспечивает важнейшие характеристики устройства: надёжность, быструю сборку и разборку, удобство обслуживания, хорошую ремонтпригодность.

#### Разработка печатной платы

##### Общие технические требования

Изготовление печатной платы (ПП) должно производиться согласно всем требованиям чертежа и технических условий. К ПП предъявляются следующие требования:

- поверхность ПП не должна иметь пузырей, вздутий, посторонних включений, трещин и расслоений материала основания, снижающих электрическое сопротивление и прочность изоляции. Материал основания ПП должен быть таким, чтобы при обработке (сверление, штамповка, распиловка) не образовывались трещины, отслоения и другие

неблагоприятные явления, влияющие на эксплуатационные свойства, а также на электрические параметры плат;

- ширина печатных проводников и расстояние между ними устанавливаются требованиями чертежа. Печатные проводники должны быть с ровными краями. Цвет медного проводника может быть от светло-розового до темно-розового. Для повышения качества и надежности проводников часто применяются гальванические покрытия, которые обеспечивают защиту проводников от коррозии, увеличивают сопротивления механическому износу, позволяют повысить предельно допустимые токи в схеме. На печатных проводниках недопустимы механические повреждения.

Толщина ПП также ограничена. В соответствии с международными требованиями номинальными толщинами ПП являются следующие: 0,2; 0,5; 0,8; 1,6; 2,4; 3,2; 6,4 мм. Величина допуска на толщину платы определяется чертежом. Прочность сцепления печатных проводников с основанием ПП определяет качество и надежность печатной схемы ПП. Предназначенные для установки радиоэлементов с гибкими выводами (резисторы, конденсаторы и т.п.) отверстия должны выдерживать не менее 5 одиночных перепаек, а предназначенные для установки многовыводных элементов (микросхем и т.д.) – не менее 3 перепаек.

Устойчивость при механических воздействиях и прочность ПП обеспечивается конструкцией узла или блока.

#### Расчет конструктивных и электрических параметров печатной платы

Основной целью процесса конструирования является создание коммутационного устройства для объединения группы радиоэлементов в функциональный узел с обеспечением требуемых механических и электрических параметров в заданном диапазоне эксплуатационных характеристик при минимальных затратах. Для этого необходимо выбрать

тип печатной платы, определить класс точности, установить габаритные размеры и конфигурацию, выбрать материал основания для печатной платы, разместить навесные элементы, определить размеры элементов рисунка, разместить их на плате и осуществить трассировку, обеспечить автоматизацию процессов изготовления и контроля платы и процесса сбора, изготовить конструкторскую документацию.

Размеры платы выбираются на основании некоторых конструктивных расчетов. Согласно ГОСТ 10317-79 «Платы печатные. Основные размеры» размеры каждой стороны печатной платы должны быть кратными [42]:

- 2,5 при длине до 100 мм;
- 5,0 при длине до 350 мм;
- 10,0 при длине более 350 мм.

Максимальный размер любой из сторон должен быть не более 470 мм. Допуски на линейные размеры платы должны соответствовать установленным стандартами ГОСТ 25346-82 и ГОСТ 25347-82. Стандарт ГОСТ 23751-86 устанавливает 5 классов точности ПП. Исходя из этого положения выбираем 3-й класс точности для нашей платы (ПП с микросборками и микросхемами, имеющими штыревые и планарные выводы, а также с без выводными ИЭТ при средней и высокой насыщенности поверхности ПП навесными элементами).

При компоновке элементов на плоских печатных платах оперируют понятием установочной площади элемента, которую для большинства элементов вычисляют по формуле:

$$S_{уст}=1,25 \times B \times L \quad (26)$$

где  $B$  – ширина элемента;

$L$  – длина элемента.

При определении полной площади вводят коэффициент ее увеличения, равный 2-3. В результате полная площадь будет в 2-3 раза больше, чем площадь установленных на ней элементов.

Все электрические соединения на плате выполнены пайкой, обеспечивающей достаточное механическое крепление элементов и хорошее электрическое соединение выводов элементов с проводниками плат. Микросхемы устанавливаются на плате с учетом некоторых требований: учет электрической связи между микросхемами и другими элементами схемы; получение требуемой плотности компоновки монтажа; возможность замены микросхемы при изготовлении и настройке устройства.

Рекомендуется разрабатывать печатные платы с соотношением сторон не более 3:1. Разработанная плата с размерами 75×60 мм удовлетворяет ГОСТ 4.010.020-83, ограничивающего ГОСТ 10317-79 [42]. Толщина печатной платы определяется исходным материалом, используемой элементной базой и воздействующими механическими нагрузками. В данном устройстве толщина печатной платы равна 0,8 мм. Все монтажные отверстия располагают в зоне контактных площадок. Металлизированные отверстия должны иметь контактные площадки с двух сторон печатной платы.

Контактные площадки должны быть круглой формы, а предназначенные под установку первого выхода микросхем должны иметь квадратную форму. Диаметры отверстий были выбраны 0,6 мм. Рассчитаем ширину печатных проводников платы. Выберем ширину проводников 0,3 мм.

Чтобы, нагрев печатного проводника не выходил за пределы допустимого необходимо выполнение неравенства:

$$b = \frac{I_{\max}}{j \times h} \quad (27)$$

где  $I_{\max}$  – максимальное значение тока в Амперах;

$j$  – допустимая плотность тока, А/мм<sup>2</sup> (в нашем случае равно 20 А/мм<sup>2</sup>);  $h$  – толщина проводника в мм (в нашем случае равна 0,15 мм).

Проверим выполнение неравенства  $0,1/(20 \times 0,15) = 0,033$ .

$0,6 > 0,04$  – неравенство выполняется. Значит, нагрев печатного проводника не будет выше допустимого. С другой стороны, ширина

печатного проводника должна быть такой, чтобы допустимое падение напряжения на нем не превышало 1-2% номинального рабочего напряжения. Должно быть выполнено условие:

$$b = (50 \div 100) \times P \times \frac{I \times I_{\max}}{h \times U_{\text{ном}}} \quad (28)$$

где  $I$  – длина печатного проводника, м;

$P$  – удельная электропроводность меди, Ом/м<sup>2</sup>;

$U_{\text{ном}}$  – номинальное рабочее напряжение.

Проверим это неравенство:

$$75 \times 0,017 \times \frac{(0,5 \times 0,1)}{(0,15 \times 5)} = 0,085 \quad (29)$$

$0.6 > 0.085$  – неравенство выполняется. Следовательно, допустимое падение напряжения не будет превышать номинального, и выбранная ширина печатных проводников удовлетворяет нашим требованиям.

#### Технология изготовления платы

Разработанная плата имеет размеры 75×60 и изготовлена из стеклотекстолита СФ 2-35Г ГОСТ 1652-74.

Разводка платы выполнялась при помощи программы P-CAD. Плата изготовлена химическим комбинированным методом.

Технология изготовления платы следующая [43]:

##### 1. Изготовление заготовок:

- нарезка гильотинными ножницами;
- зачистка заготовок;
- сверление отверстий.

##### 2. Подготовка поверхности заготовок:

- окунание в раствор 1% щавелевой кислоты;
- очистка поверхности;
- обезжиривание поверхности;

- промывка и сушка.
3. Нанесение эмульсии:
- равномерное распределение эмульсии;
  - сушка на центрифуге.
4. Получение рисунка схемы на плате:
- экспонирование;
  - проявление изображения в воде;
  - окрашивание в метило-фиолете;
  - химическое дубление, промывка;
  - сушка на воздухе, ретуширование;
  - термическое дубление.
5. Получение схемы платы:
- травление фольги;
  - промывка и сушка заготовок;
  - снятие ретуши и эмульсии;
  - промывка;
  - чистка электрокорццидом;
  - промывка и сушка на воздухе;
  - удаление непротравленных мест.
6. Подготовка платы к металлизации:
- лакирование;
  - сверление заготовок.
7. Металлизация платы:
- обезжиривание и сушка на воздухе;
  - обработка платы в растворе двухлористого олова;
  - промывка и сушка, химическое меднение;
  - чистка наждачной бумагой.

## Общие положения при монтаже прибора

Механический монтаж прибора производят в такой последовательности, чтобы при креплении деталей не были повреждены установленные ранее. Предназначенные для прибора детали должны быть обязательно проверены. Выводы деталей не должны быть слишком короткими, во избежание перегрева при пайке.

## Уход за прибором и его хранение

Разработанный прибор предназначен для применения в медицинских исследованиях. После пребывания при пониженной температуре прибор перед включением следует выдержать не менее 3 часов в условиях, соответствующих рабочим, после длительного пребывания при пониженной влажности – не менее 4 часов.

Необходимо следить за чистотой разъемов, не допуская загрязнения поверхностей штырей и гнезд.

При переноске прибора не следует допускать резких ударов.

Хранение прибора должно производиться в сухом отапливаемом помещении. Не допускается хранение прибора вместе с веществами, вызывающими окисление металла.

## **Заключение**

В ходе проделанной работы была рассмотрена классификация электрокардиографов, строение сердца и различные виды болезней.

Электрокардиография позволяет проводить регистрацию и анализировать электрические потенциалы, возникающие в самом сердце и распространяющиеся в объеме тела человека. Последовательность электрического цикла отображается на электрокардиограмме серией зубцов, по которым можно определить различные параметры и заболевания сердца.

В ходе проделанной работы была спроектированная структурная и разработана принципиальная схема, в которой использованы современные малогабаритные элементы зарубежного и российского производства.

Из всего множества существующих методов исследования сердца электрокардиография является наиболее изученным, простым и распространенным методом исследования. Безвредность и возможность применения в любых условиях – способствовали его широкому внедрению в практическую медицину и для индивидуального пользования.

## **Conclusion**

In the course of this work it was considered classification electrocardiographs, cardiac structure and various kinds of diseases.

Electrocardiography allows recording and analyzing electrical potentials that occur in the heart and in the bulk of the human body. Sequence electrical cycle of the electrocardiogram is displayed a series of teeth, which can determine the various parameters and heart disease.

In the course of the work done has been designed and developed by the structural concept, which used small-sized elements of modern Russian and foreign production.

Of the many existing methods for the study of the heart ECG is the most studied, simple and common method of research. Harmlessness and the possibility of use in all conditions - contributed to its wide application in medical practice and for individual use.

## Список литературы

1. Сайт медицинского оборудования: <http://www.formed.ru> (дата посещения 22.02.2016 г);
2. Медицина в России « Интернет –Журнал о Здоровье», статья-анализ о медицинским оборудовании, <http://igiuv.ru> (дата посещения 09.03.2016г);
3. Покровский В.И. «Малая медицинская энциклопедия 1», - Москва, 2001.
4. Гасилин В.С., Сидоренко Б.А. «Ишемическая болезнь сердца», - Москва, 2012 стр.294
5. Руда М. Я. «Инфаркт миокарда», - Москва, 2000.
6. Смирнов А. Н. , Врановская-Цветкова А. М. «Внутренние болезни», - Москва, 2002;
7. Суров О. Н. «Болезни сердца» ,Москва 1999
8. Сайт Аритмия.Инфо: <http://www.aritmia.info> (дата посещения 20.03.2016г ) ;
9. Волков В.С. «Экстренная диагностика и лечение в неотложной кардиологии» 2010;
- 10.Виноградов А.В. Дифференциальный диагноз внутренних болезней 1 том Москва 2011, 814 с
- 11.Радиотехника и электроника. Межведомств. темат. научн. сборник. Вып. 22, Минск, БГУИР, 2004.
12. Статья А.Пантелейчкка о «Микроконтроллер MSP430FG4619 для портативных приборов с батарейном питанием» <http://cyberleninka.ru/article/n/msp430fg461x-novye-mikrokontrollery-texas-instruments-dlya-portativnyh-prilozheniy-s-batareynym-pitaniem> (дата посещения 25.03.2016г)

13. Техническая документация микроконтроллера MSP430FG4619  
<http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/171488/TI/MSP430FG4619.html> (дата посещения 26.03.2016 г)
14. Техническая документация на Жидкокристаллический экран MT-12864J ,сайт <http://files.amperka.ru/datasheets/MT-12864J.pdf>( дата посещения 28.03.2016)
15. Статья обзор « Литиевые батарейки AA »  
<http://www.lumentorg.ru/review/AA-lithium-test/> (дата посещения 28.03.2016г).
16. Сайт <http://tom.shop.megafon.ru> (дата посещения 28.03.2016 г)
17. Кантрелл М., Исаков Н. Статья «Цифровой изолятор упрощает гальваническую развязку шины USB в медицинских и промышленных системах» <http://kit-e.ru> (дата посещения 29.03.2016 г)
18. Иоффе Д., Романов О. Изолирующие микросхемы на основе технологий iCoupler фирмы Analog Devices // Компоненты и технологии.2006. № 7.
19. Колчков В.И., «Метрология, стандартизация и сертификация» М, 2015.-123,130,135
20. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».
21. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.
22. ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ, Шум. Общие требования безопасности.
23. ГОСТ 12.1.002—84, ССБТ «Электромагнитные поля токов промышленной частоты. Общие требования безопасности»
24. ГОСТ 12.4.124.83 «ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования».
25. Федеральный закон от 21.12.1994 N 69-ФЗ (ред. от 30.12.2015) "О пожарной безопасности"
26. Родионов А.И. и др. Техника защиты окружающей среды. - М.: Химия, 2001 -293с.
27. ГОСТ Р 54098-2010 Ресурсосбережение. Вторичные материальные ресурсы. Термины и определения

28. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.
29. Трудовой кодекс (ТК РФ) раздел 10 глава 33
30. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
31. Кузьмина Е.А, Кузьмин А.М. Функционально-стоимостный анализ. Экскурс в историю. "Методы менеджмента качества" №7 2004 г.
32. Томпсон А. Б. мл. Стратегический менеджмент. Концепции и ситуации. М.: ИНФРА-М, 2009.- 411 с.
33. Портер К. «Конкурентная стратегия. Методика анализа отраслей и конкурентов» Альпина Бизнес Букс, 2007. - 398 с
34. Скворцов Э.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
35. Дмитриев А. А., Гутман Г. Р., Краев А. Н. Бизнес-план. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 305с.
36. Кузьмина Е. М. Методы поиска новых идей и решений "Методы менеджмента качества" №1 2003 г.
37. ГОСТ 27.002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения <http://docs.cntd.ru/document/gost-27-002-89>(дата посещения 19.05.2016)
38. Чернов В.Ю., Никитин В.Г., Иванов Ю.П «Надежность авиационных приборов и измерительно-вычислительных комплексов »
- 39.Белянин Л. Н. «Конструирование печатного узла и печатной платы. Расчет надежности»
- 40.Щепетов А.Г. «Основы проектирования приборов и систем» Москва 2016 279 с.
41. ГОСТ 25995-83. Электроды для съема биоэлектрических потенциалов. Общие технические требования и методы испытаний, сайт <http://docs.cntd.ru/document/gost-25995-83> (дата посещения 20.052016)
42. ГОСТ 1 0317-79 «Платы печатные. Основные размеры» ГОСТ 10317-79, Сайт <http://docs.cntd.ru/document/gost-10317-79> (дата посещения 20.05.2016г )

43. ГОСТ Р 53432-2009. Платы печатные. Общие технические требования  
к производству.  
[http://snipov.net/database/c\\_3983167190\\_doc\\_4293824295.html](http://snipov.net/database/c_3983167190_doc_4293824295.html) (дата  
посещения 22.05.2016г ).

