

Школа Инженерная школа ядерных технологий  
 Направление подготовки 14.03.02 Ядерные физика и технологии  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

<b>Тема работы</b> <b>Разработка бесконтактного кардиографа</b>
--

УДК 616.12-008.3-073.96-7

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6Б	Зенкова Елена Сергеевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Алейник А.Н.	к.ф.-м.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук И.В.	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ	Гоголева Т.С.	к.ф.-м.н.		

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Бычков П.Н.	к.т.н.		

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<b>Общекультурные компетенции</b>	
P1	Демонстрировать культуру мышления, способность к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей ее достижения; стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства; владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыки работы с компьютером как средством управления информацией; способность работы с информацией в глобальных компьютерных сетях.
P2	Способность логически верно, аргументировано и ясно строить устную и письменную речь; критически оценивать свои достоинства и недостатки, намечать пути и выбирать средства развития достоинств и устранения недостатков.
P3	Готовностью к кооперации с коллегами, работе в коллективе; к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов оплаты труда; генерировать организационно-управленческих решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений; осуществлению и анализу исследовательской и технологической деятельности как объекта управления.
P4	Умение использовать нормативные правовые документы в своей деятельности; использовать основные положения и методы социальных, гуманитарных и экономических наук при решении социальных и профессиональных задач, анализировать социально-значимые проблемы и процессы; осознавать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности.
P5	Владеть одним из иностранных языков на уровне не ниже разговорного.
P6	Владеть средствами самостоятельного, методически правильного использования методов физического воспитания и укрепления здоровья, готов к достижению должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
<b>Профессиональные компетенции</b>	
P7	Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	экспериментального исследования.
P8	Владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий; И быть готовым к оценке ядерной и радиационной безопасности, к оценке воздействия на окружающую среду, к контролю за соблюдением экологической безопасности, техники безопасности, норм и правил производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности, норм охраны труда; к контролю соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям, требованиям безопасности и другим нормативным документам; за соблюдением технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования; и к организации защиты объектов интеллектуальной собственности и результатов исследований и разработок как коммерческой тайны предприятия; и понимать сущность и значение информации в развитии современного информационного общества, сознавать опасности и угрозы, возникающие в этом процессе, соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны).
P9	Уметь производить расчет и проектирование деталей и узлов приборов и установок в соответствии с техническим заданием с использованием стандартных средств автоматизации проектирования; разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформление законченных проектноконструкторских работ; проводить предварительного техникоэкономического обоснования проектных расчетов установок и приборов.
P10	Готовность к эксплуатации современного физического оборудования и приборов, к освоению технологических процессов в ходе подготовки производства новых материалов, приборов, установок и систем; к наладке, настройке, регулировке и опытной проверке оборудования и программных средств; к монтажу, наладке, испытанию и сдаче в эксплуатацию опытных образцов приборов, установок, узлов, систем и деталей.
P11	Способность к организации метрологического обеспечения технологических процессов, к использованию типовых методов контроля качества выпускаемой продукции; и к оценке инновационного потенциала новой продукции.
P12	Способность использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов и приборов, к сбору и анализу информационных исходных данных для проектирования приборов и установок; технические средства для измерения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	основных параметров объектов исследования, к подготовке данных для составления обзоров, отчетов и научных публикаций; к составлению отчета по выполненному заданию, к участию во внедрении результатов исследований и разработок; и проведения математического моделирования процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований.
P13	Уметь готовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; и выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов.
P14	Готовность к проведению физических экспериментов по заданной методике, составлению описания проводимых исследований и анализу результатов; анализу затрат и результатов деятельности производственных подразделений; к разработки способов применения ядерно-энергетических, плазменных, лазерных, СВЧ и мощных импульсных установок, электронных, нейтронных и протонных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических, технологических и медицинских проблем.
P15	Способность к приемке и освоению вводимого оборудования, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний; к составлению технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет, заявок на материалы, оборудование), а также установленной отчетности по утвержденным формам; и к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования.

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

Школа – Инженерная школа ядерных технологий  
 Направление подготовки (специальность) – 14.03.02 «Ядерная физика и технологии»  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение ядерно-топливного цикла

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ П.Н. Бычков  
 « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2020 г.

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

В форме: \_\_\_\_\_  
 бакалаврской работы

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А6Б	Зенковой Елене Сергеевной

Тема работы: \_\_\_\_\_  
**Разработка бесконтактного кардиографа**

Утверждена приказом проректора-директора (директора) (дата, номер)	№59-92/с от 28.02.2020
--	------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	12.06.2020 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	В рамках исследования должен быть разработан компактный электрокардиограф на основе емкостной связи для диагностики сердца.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Изучение биоэлектрических принципов электрокардиографии</li> <li>2. Обзор и рассмотрение электрокардиографической аппаратуры</li> <li>3. Исследование способов электрокардиографического отведения</li> <li>4. Разработка и анализ свойств бесконтактного электрокардиографа</li> <li>5. Экономическое обоснование проведения НИР</li> <li>6. Выводы по работе. Заключение</li> </ol>

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Доцент ОСГН ШБИП к.т.нКашук И.В.
Социальная ответственность	Ассистент ОЯТЦ ИЯТШ к.ф.-м.н. Гоголева Т.С

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	22.04.2020 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	А.Н. Алейник	к.ф.-м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А6Б	Е.С. Зенкова		

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

---

Школа Инженерная школа ядерных технологий (ИЯТШ)  
Направление подготовки 14.03.02 Ядерная физика и технологии  
Отделение школы (НОЦ) Отделение ядерно-топливного цикла  
Период выполнения (весенний семестр 2019 /2020 учебного года)

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН**  
**выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2019
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
22.04.2020	<i>Выдача задания.</i>	7
15.04.2020	<i>Ознакомление с теоретической составляющей работы.</i>	11
24.04.2020	<i>Выбор направления исследования.</i>	8
13.05.2020	<i>Проведение экспериментов.</i>	37
22.05.2020	<i>Анализ полученных результатов.</i>	29
08.06.2020	<i>Подготовка к защите ВКР</i>	8

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Алейник А.Н.	к.ф.-м.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЯТЦ ИЯТШ	Бычков П.Н	к.т.н.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А6Б	Зенкова Елена Сергеевна

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение школы</b>	<b>ОЯТЦ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ.</i>
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование.</i>
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
<i>2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.</i>
<i>3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
<i>4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Определение: интегрального финансового показателя, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности.</i>

**Перечень графического материала** (с точным указанием обязательных чертежей)

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности НИ</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Диаграмма Ганта</li> <li>4. Бюджет НИ</li> <li>5. Основные показатели эффективности НИ</li> </ol>	
--	--

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	К.Т.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0А6Б	Зенкова Елена Сергеевна		

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
0А6Б	Зенкова Елена Сергеевна

<b>Школа</b>	<b>ИЯТШ</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОЯТЦ</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	14.03.02 Ядерные физика и технологии/ Физика атомного ядра и частиц

Тема ВКР:

Разработка способа определения уровня нагрева новообразования при проведении сеансов емкостной локальной гипертермии
--

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: способ проведения термометрии сеансов локальной гипертермии. Область применения: медицинская физика и ядерная медицина.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– Правовые нормы трудового законодательства; – Требования к организации и оборудованию рабочих мест с ПЭВМ; – ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора. Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Вредные и опасные факторы: – отклонение показателей микроклимата; – повышенный уровень электромагнитных излучений; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума; – психофизиологические факторы; – опасность поражения электрическим током.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	– анализ влияния объекта и процесса исследования на окружающую среду; – разработка организационных и технических мероприятий по защите окружающей среды.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	– выбор и описание типичной ЧС: пожар; – обоснование мероприятий по предотвращению ЧС; – порядок действий при возникновении ЧС.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОЯТЦИЯТШ	Гоголева Татьяна Сергеевна	к.ф.-м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0А6Б	Зенкова Елена Сергеевна		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 89 страниц, 24 рисунка, 14 таблиц, 19 источников.

Ключевые слова: электрокардиограф, электрод, электрокардиографическое отведение, усилитель.

Объект исследования: бесконтактный электрокардиограф.

Целью работы является разработка бесконтактного электрокардиографа на основе емкостной связи для диагностики сердца.

В процессе исследования были рассмотрены основные принципы электрокардиографии и проведены ряды экспериментов по исследованию электрокардиографических свойств.

В результате исследования был разработан бесконтактный электрокардиограф на основе емкостной связи, который позволит проводить исследования через изоляционный материал что дает несомненные преимущества перед существующими кардиографами.

Область применения: кардиологический центр, медицинский центр.

Экономическая эффективность/значимость работы выражается в низкой себестоимости и высокой эффективности прибора.

## Содержание

Введение.....	13
1 Биоэлектрические основы электрокардиографии.....	16
1.1 Мембранная теория возникновения биопотенциалов .....	16
1.2 Формирование нормальной электрокардиограммы .....	20
1.3 Диагностические возможности электрокардиографии .....	26
1.3.1 Пробы с физической нагрузкой .....	27
2 Электрокардиографическая аппаратура .....	30
2.1 Электрокардиографические отведения.....	32
2.1.1 Стандартные отведения от конечностей.....	33
2.1.2 Грудные отведения.....	35
2.2 Электрокардиографические помехи.....	37
2.3 Условия проведения электрокардиографического исследования.....	40
3 Разработка прибора и обсуждение результатов.....	41
3.1 Бесконтактный электрокардиограф с емкостной связью для измерения изменения электрического потенциала поля сердца.....	41
3.2. Исследования характеристик бесконтактного кардиографа .....	44
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	48
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	49
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	49
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	49
4.1.3 SWOT-анализ.....	52
4.2 Планирование управления научно-техническим проектом.....	54
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	54
4.2.2 Контрольные события проекта .....	55
4.2.3 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	56

4.3 Бюджет научно-технического исследования .....	60
4.3.1 Расчет материальных затрат .....	60
4.3.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	61
4.3.3 Затраты на оплату труда исполнителей научно-технического исследования .....	62
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды .....	65
4.3.5 Накладные расходы.....	65
4.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	66
4.5 Определение ресурсной эффективности исследования .....	66
5 Социальная ответственность .....	69
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	69
5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства .....	69
5.1.2 Организация рабочего места исследователя .....	70
5.2 Производственная безопасность.....	73
5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	73
5.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия вредных факторов .....	74
5.2.3 Электробезопасность .....	81
5.3 Экологическая безопасность.....	83
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	83
Заключение .....	87
Список используемых источников.....	88

## **Введение**

На сегодня статистика по сердечно-сосудистым заболеваниям (СЗЗ) весьма неутешительна. Для различных стран эта статистика разная, например, в Японии за год среди 100 000 жителей, лишь 90 человек умирают от СЗЗ, в то время как в Европе на 100 000 жителей в год приходится 200-400 летальных случаев. На данный период времени каждый год от СЗЗ умирает 17,5 миллиона человек. 80% преждевременных инфарктов и инсультов может быть предотвращено. Данная статистика показывает высокую актуальность для стран в необходимости диагностирования данного рода заболеваний с наибольшей точностью.

Основоположником теории электрокардиографии является физиолог голландского происхождения В. Эйнтховен. Первые его работы по этой теме датируются 1913 г.. Электрокардиография является способом исследования путем анализа электрофизиологических показателей сердца в нормальном «здоровом» состоянии и при наличии патологии. Основой метода является регистрация и последующий анализ электрической активности миокарда. Данная активность распространяется по сердцу в период одного сердечного цикла. Электрокардиографы – это устройства, позволяющие регистрировать возникающую при этом разность потенциалов, которые впоследствии записывают характерную кривую — электрокардиограмму (ЭКГ). Обеспечиваемое точное диагностирование электрокардиографическим аппаратом позволяет обнаружить заболевания на начальных стадиях, что значительно увеличивает вероятность успешного лечения и, как следствие, выздоровление пациента. Таким образом, дальнейшее развитие техники для кардиографии является актуальным в наши дни.

Кривая ЭКГ показывает изменения разности потенциалов, а точнее колебания, в период сердечного цикла в двух различных точках электрического поля. Положения точек задаются размещением электродов на теле пациента, один из которых имеет положительный заряд, а другой обладает отрицательным зарядом.

Стандартные датчики для снятия электрокардиограммы регистрируют изменение электрического потенциала поля сердца непосредственно на теле пациента. Точное измерение потенциала основывается на непосредственном контакте датчика с телом. Для этого между датчиком и местом контакта накладывается электропроводящий гель. В то время как гель обеспечивает наличие хорошего электрического контакта, это приводит к определенным недостаткам. Гель может просочиться по телу и создать короткое замыкание между датчиками. Кроме того, в этом случае нельзя проводить длительные измерения, так как гель может высыхать. Еще один серьезный недостаток – это невозможность проводить динамические измерения, то есть при наличии физической нагрузки у пациента.

Чтобы устранить эти ограничения были предприняты множественные попытки исключить контакт датчика с кожей. Одним из этих вариантов была попытка применить сверхпроводящие магнитные системы SQUID [1]. Такие системы обладают высокой чувствительностью и могут применяться для измерения потенциала на расстоянии нескольких сантиметров от тела. Однако эти системы работают при криогенных температурах, очень дороги и требуют значительных усилий, чтобы обеспечить хорошее экранирование.

Бесконтактный датчик исключает наличие хорошего электрического контакта с кожей и работает за счет емкостной связи, что позволяет проводить измерения электрокардиограммы через одежду [2]. С точки зрения детектирования электрической активности тела идеальный датчик должен обладать следующими качествами:

- не потреблять ток из организма, чтобы быть безопасным;
- иметь очень большое входное сопротивление;
- иметь очень маленький уровень шумов;
- быть относительно недорогим;

- обладать биосовместимостью.

Поэтому такой датчик должен располагаться на расстоянии от тела или иметь физический контакт с ним через изоляционный бионейтральный материал. В этом случае проявляются его несомненные преимущества, например, при наличии обширных ожогов, когда необходимо контролировать электрические сигналы с тела.

Таким образом целью работы является разработка макета бесконтактного электрокардиографа для использования в медицинских целях.

В связи с поставленной целью были сформулированы следующие задачи:

- изучение биологических основ электрокардиографии
- обзор электрокардиографических отведений
- обзор грудных отведений
- разработка макета прибора
- исследование характеристик прибора

# 1 Биоэлектрические основы электрокардиографии

## 1.1 Мембранная теория возникновения биопотенциалов

Протекание электрических процессов в сердце, как известно, обусловлено проникновением через мембрану мышечной клетки ионов кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ), калия ( $\text{K}^+$ ), натрия ( $\text{Na}^+$ ), хлора ( $\text{Cl}$ ), кальция ( $\text{Ca}^{2+}$ ) и др. [3]. С точки зрения электрохимического взаимодействия клеточную мембрану можно рассматривать в качестве оболочки, имеющей различную проницаемость для разных ионов. Поэтому можно говорить, что мембрана в своем роде разделяет два раствора электролитов, которые существенно отличаются по своему составу. Во внеклеточной жидкости концентрация  $\text{Na}^+$  в 20 раз,  $\text{Ca}^{2+}$  в 25 раз, а  $\text{Cl}$  в 13 раз выше в сравнении с концентрацией ионов внутри клетки. В то время как концентрация  $\text{K}^+$  выше во внутриклеточной среде в 20 раз. Наличие таких высоких разностей концентраций в средах, разделяемых мембраной, обусловлено функционированием в ней, так называемых, ионных насосов, с помощью которых ионы  $\text{Na}$ ,  $\text{Ca}$  и  $\text{Cl}$  выводятся из клетки, а ионы  $\text{K}$  входят внутрь клетки. Так как данный процесс осуществляется противоположно градиенту концентраций ионов, то для его протекания необходимы затраты внешней энергии.

Если клетка находится в невозбужденном состоянии, то мембрана преимущественно проницаема для  $\text{K}^+$  и  $\text{Cl}$ . В силу этого и градиента концентраций, ионы  $\text{K}^+$  стремятся попасть во внеклеточную среду, очевидно, этот процесс сопровождается переносом положительного заряда ионов во внеклеточную среду. В ситуации с ионами  $\text{Cl}$  наблюдается обратная картина. Ионы входят внутрь клетки, тем самым, увеличивая количество отрицательного заряда внутри клетки. Описанное движение ионов приводит к поляризации клеточной мембраны невозбужденной клетки: наружная поверхность мембраны при этом имеет положительный заряд, а внутренняя - отрицательный. И вследствие этого, наблюдается разность потенциалов на мембране, что препятствует дальнейшему пропусканию ионов. Таким образом происходит

насыщение и переход в стабильное состояние поляризации клеточной мембраны сократительного миокарда в период диастолы. Трансмембранный потенциал покоя (ТМПП) – измеренная с помощью микроэлектродов разность потенциалов между внутренней и наружной поверхностью мембраны клетки. В среднем, нормальное состояние для клетки ТМПП имеет отрицательное значение, приблизительно равное  $-90\text{ mV}$ .

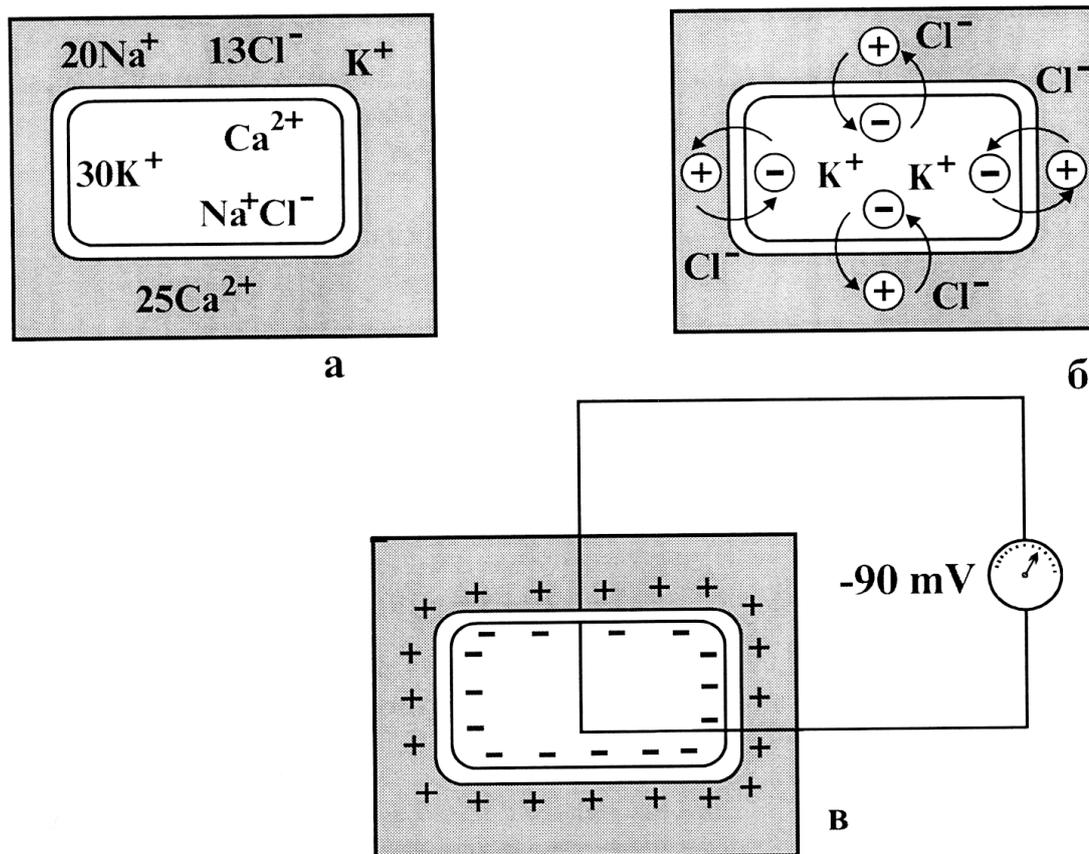


Рисунок 1.1. Поляризация клеточной мембраны невозбужденной клетки: а – соотношение концентрации ионов  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  и  $\text{Ca}^{2+}$  внутри клетки и во внеклеточной жидкости; б – перемещение ионов  $\text{K}^+$  и  $\text{Cl}^-$  вследствие концентрационного градиента; в – регистрация трансмембранного потенциала покоя.

В случае возбуждённого состояния клетки наблюдается резкое изменение проницаемости мембраны для различных типов ионов. Данный фактор изменяет направления и значения градиентов концентраций

ионов через стенку клетки и таким образом изменяется значение самого ТМПП. Кривая, характеризующая изменение трансмембранного потенциала, в период возбуждения имеет название трансмембранного потенциала действия (ТМПД). Для ТМПД миокардинальной клетки (рис. 1.2.) можно выделить различные характерные фазы.

Фаза деполяризации (Фаза 0) является начальной фазой возбуждения. Во время этой фазы наблюдается резкое увеличение проницаемости клеточной мембраны для ионов Na, при этом ионы движутся внутрь клетки, так называемый быстрый натриевый ток. Очевидно, что этот процесс сопровождается изменением заряда мембраны: внутренняя сторона мембраны приобретает положительный заряд, а наружная – отрицательный. Происходит перезарядка клеточной мембраны – реверсия разряда, величина ТМПД изменяет значение с  $-90 \text{ mV}$  к  $+20 \text{ mV}$ . Длительность начальной фазы не превышает 10 мс.

Фаза начальной быстрой реполяризации (Фаза 1). После фазы деполяризации при достижении значения ТМПД  $+20 \text{ mV}$ , проницаемость клеточной мембраны для ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Cl}$  уменьшится и увеличится соответственно. Вследствие этого внутри клетки возникает небольшой ток отрицательных ионов  $\text{Cl}$ , тем самым частично нейтрализуется положительный заряд, вносимый избытком  $\text{Na}^+$ , в результате чего ТМПД понижается до значений  $0 \text{ mV}$  или немного ниже.

Фаза плато (Фаза 2). В период данной фазы значение ТМПД остается примерно на одинаковом уровне, поэтому кривая ТМПД приобретает характерную форму плато. Данная особенность фазы обеспечивается медленным входящим током  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Na}^+$  с направлением внутрь клетки, а ток заряда обусловленного ионами  $\text{K}^+$  из клетки. Фаза плато является продолжительной, ее длительность составляет примерно 200 мс. В течение фазы плато мышечная клетка остается в возбужденном состоянии.

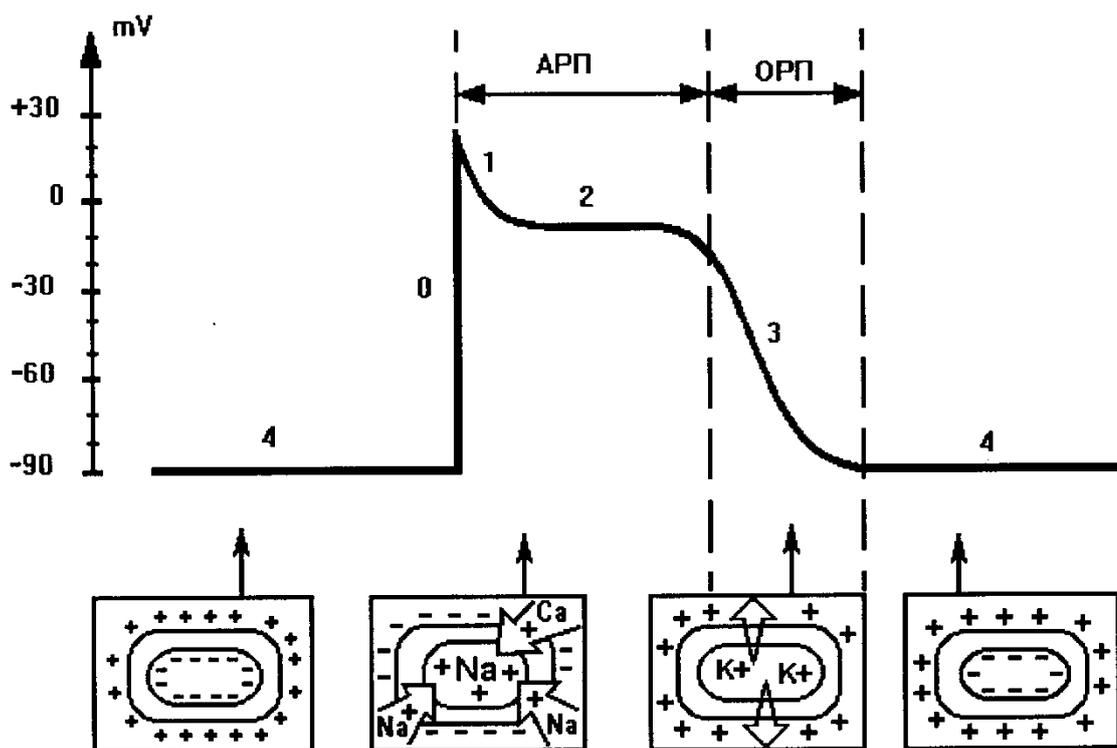


Рисунок 1.2. Трансмембранный потенциал действия (ТМПД). АРП и ОРП - абсолютный и относительный рефракторный периоды.

Фаза конечной быстрой реполяризации (Фаза 3). В начале фазы 3 характерно резко уменьшение проницаемости мембраны клетки для ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$ , и при это значительное возрастание проницаемости для ионов  $\text{K}^+$ . В результате этого, наблюдается преимущественно перемещение ионов К из клетки наружу, данный процесс ведет к восстановлению начальной поляризации мембраны клетки, аналогичной состоянию покоя: наружная поверхность мембраны приобретает положительный заряд, а внутренняя поверхность - отрицательный. ТМПД стремится к значению ТМПП.

Фаза диастолы (Фаза 4). В период данной фазы ТМПД восстанавливают исходные концентрации  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Cl}$  соответственно внутри и вне клетки. Данный процесс обеспечивается ионными насосами. Значения ТМПД мышечных клеток при этом не изменяется и равен приблизительно - 90mV.

## 1.2 Формирование нормальной электрокардиограммы

Обычно ЭКГ характеризует процесс протекания возбуждения по проводящей системе сердца (рис.1.3). А также после генерации импульса в синусно-предсердном узле, по сократительному миокарду, который напрямую задает ритм сердца.

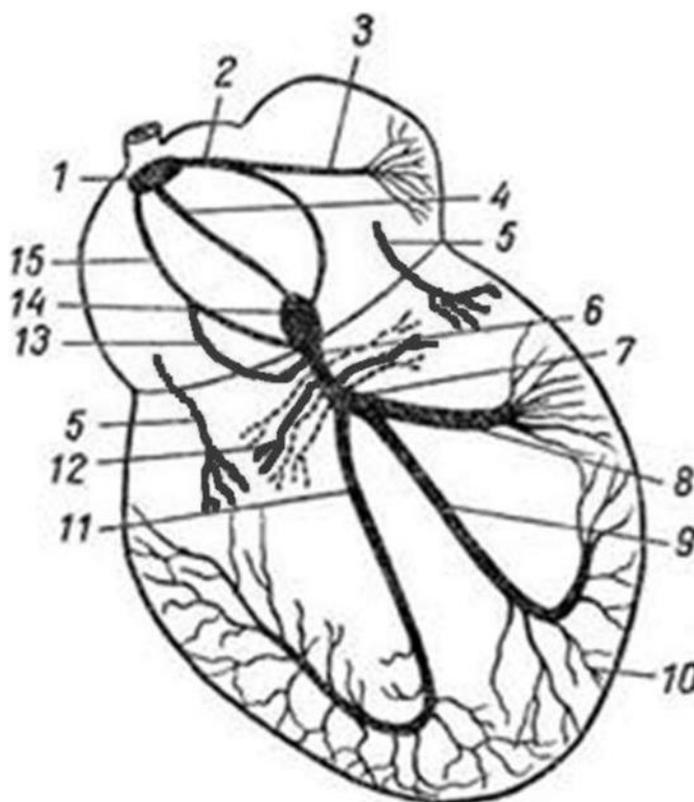


Рисунок 1.3. Схематическое изображение центров автоматизма и проводящей системы сердца.

1 — синусовый узел; 2 — передний предсердный тракт; 3 — пучок Бахмана; 4 — средний предсердный тракт; 5 — пучки Кента; 6 — ствол пучка Гиса; 7 — левая ножка пучка Гиса (ЛНПГ); 8 — задняя ветвь ЛНПГ; 9 — передняя ветвь ЛНПГ; 10 — волокна Пуркинье; 11 — правая ножка пучка Гиса (ПНПГ); 12 — волокна Махейма; 13 — пучок Джеймса; 14 — атриоventрикулярный узел; 15 — задний предсердный тракт; ЛП — левое предсердие, ПП — правое предсердие, ЛЖ — левый желудочек, ПЖ — правый желудочек.

Фаза диастолы на ЭКГ (рис.1.4, 1.5 между зубцами Т и Р) имеет вид прямой горизонтальной линии, так называемой изолинией [4]. Предсердный зубец Р на ЭКГ формируется при распространении импульса от синусно-предсердного узла по миокарду предсердий. Одновременно с этим помежузловым путям быстро протекает сигнал к предсердно-желудочковому узлу. Поэтому импульс находится в предсердно-желудочковом узле еще до того, как окончится возбуждение предсердий. Импульс медленно протекает по предсердно-желудочковому узлу, таким образом после зубца Р на ЭКГ отображается изоэлектрическая линия, за этот период времени подходит к завершению механическая систола предсердий. Затем идут зубцы отображающие возбуждение желудочков. Импульс быстро проводится по пучку Гиса (предсердно-желудочковому пучку), его ножкам и стволу, их разветвления через волокна Пуркинье передают сигнал непосредственно волокнам сократительного миокарда желудочков.

Деполаризация (возбуждение) желудочков миокарда на ЭКГ представляет собой зубцы Q, R, S (комплекс QRS), а реполяризация в ранней фазе — сегментом ST, или же RT в случае отсутствия зубца S (сегмент RTS). Сегмент схож по форме с изолинией, а также с зубцом Т в быстрой (основной) фазе.

Обычно после зубца Т идет небольшая по размеру волна U, ее возникновение объясняется реполяризацией в системе Гиса – Пуркинье. В комплексе QRS первоначальное 0,01 – 0,03 с происходит возбуждение перегородки между желудочками. Для стандартных и левых грудных отведений выражается в виде зубца Q, в то время как в правых грудных отведениях — отображается в виде начала зубца R. Длительность зубца Q обычно не превышает 0,03 с.

После этого возбуждается миокард верхушек левого и правого желудочков начиная от субэндокардиальных и заканчивая субэпикардиальными слоями. Этот процесс протекает 0,015 – 0,07 с по задней,

боковым и передней стенкам желудочков. В конце (0,06—0,09 с) возбуждение доходит до оснований правого и левого желудочков.

Интегральный вектор сердца в промежуток времени 0,04 – 0,07 с комплекса направлен влево, то есть к положительному полюсу отведений  $V_4$  и  $II$ ,  $V_5$ , а в промежуток времени 0,08 – 0,09 с – вверх с легким отклонением вправо. Следовательно, в вышеперечисленных отведениях комплекс QRS выражается глубоким зубцом R при небольших зубцах S и Q, а в правых грудных отведениях выражается высоким зубец S.

Соотношение величин зубцов R и S обычно зависят от положения сердца относительно грудной клетки. И для каждого из стандартного и однополюсного отведения определяется расположение в пространстве электрической оси сердца (интегрального вектора сердца).

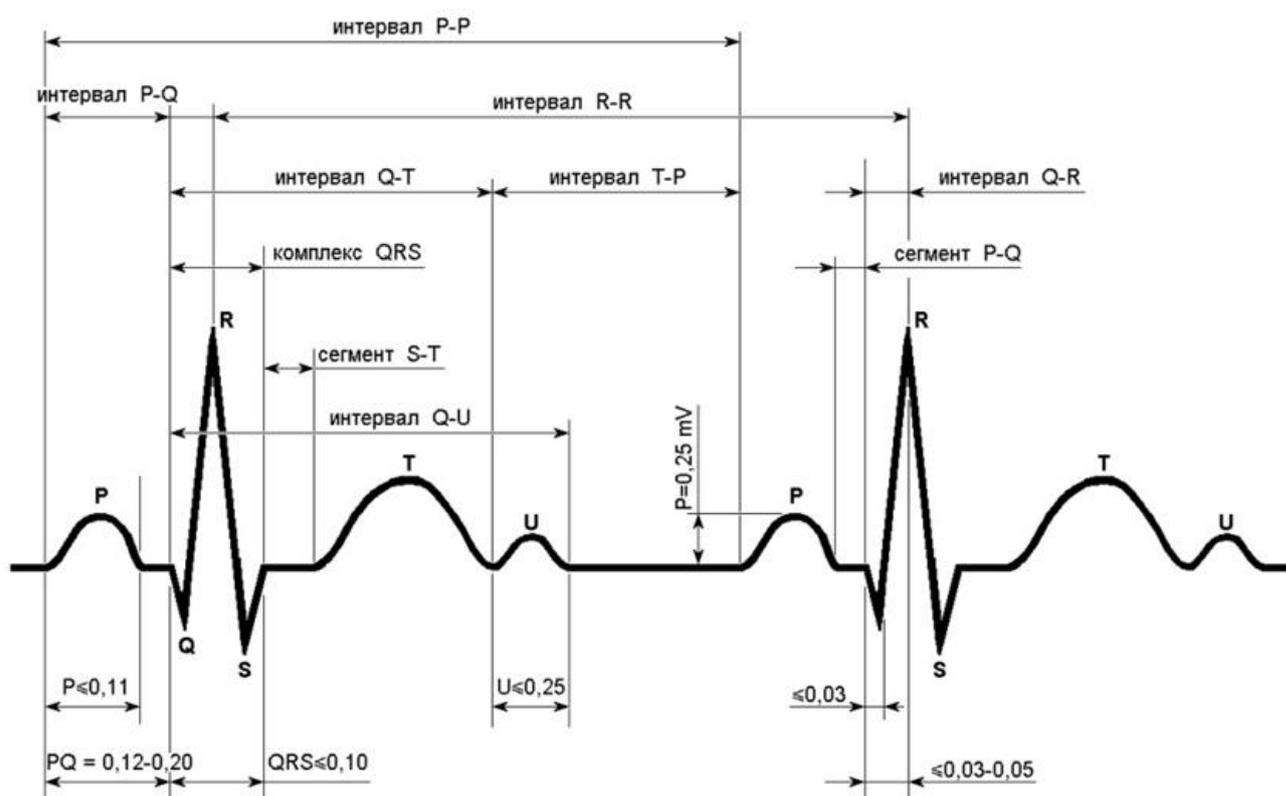


Рисунок 1.4. Схематическое изображение нормальной электрокардиограммы: P — зубец, отражающий ход распространения возбуждения по предсердиям; интервал P-Q — время от начала возбуждения предсердий до начала возбуждения желудочков; интервал Q-T — время электрической систолы желудочков, включающей распространение возбуждения по желудочкам

сердца — комплекс QRS, сегмент RST и зубец T; волна U, которая в норме наблюдается не всегда;

R-R (P-P) — межциклового интервал; T-P — диастолический интервал.

Подводя итоги сказанного, отметим, что обычно на ЭКГ видны, предсердный зубец P, а также желудочковый комплекс QRST. Комплекс QRTS представляет собой комбинацию из отрицательных зубцов Q, S и положительных во всех отведениях зубцов зубца R. Зубец T в отведении VR, отрицателен, а в отведениях V<sub>1</sub>—V<sub>2</sub>, зубец T может быть как отрицательным, так и положительным или незначительный (пренебрежимо малым). Предсердный зубец P в отведении aVR обычно всегда отрицательный, при этом в отведении V<sub>1</sub> он как правило представлен двумя фазами: положительной — большей (возбуждение преимущественно правого предсердия), затем отрицательной — меньшей (возбуждение левого предсердия). В комплексе QRS возможно отсутствие зубцов S и/или Q (формы RS, QR, R), при этом регистрироваться будут два зубца R или S, как правило, второй зубец обозначают как R<sup>1</sup> (формы RSR<sup>1</sup> и RR<sup>1</sup>) или S<sup>1</sup>.

Межциклового интервалы — временные промежутки между зубцами одинакового типа (названия). Внутрициклового интервалы — временные промежутки между зубцами разного типа внутри одного цикла. При описании отрезков ЭКГ между зубцами по их смещению относительно изолинии, их называют сегментами, так же говорят, если речь идет о конфигурации. При патологии может наблюдаться элевация (смещение сегмента вверх) или депрессия (смещение сегмента вниз). Смещение характеризуют относительно изолинии.

Нормальное (здоровое) ЭКГ может иметь разный вид, который зависит от положения сердца относительно грудной клетки. Положение задает по соотношению зубцов S и R, а также вид кривой комплекса QRS в различных отведениях. Поэтому по перечисленным параметрам можно обнаружить патологические отклонения интегрального вектора сердца при блокадах

пучка Гиса, гипертрофии желудочков сердца и т.д. Отклонения можно рассматривать как повороты интегрального вектора сердца относительно 3 осей: переднезадняя ось (положение интегрального вектора сердца определяется как нормальное, горизонтальное, вертикальное или как отклонение влево, вправо), продольная ось (поворот по ходу и против хода часовой стрелки), поперечная ось (поворот сердца верхом вперед или назад).

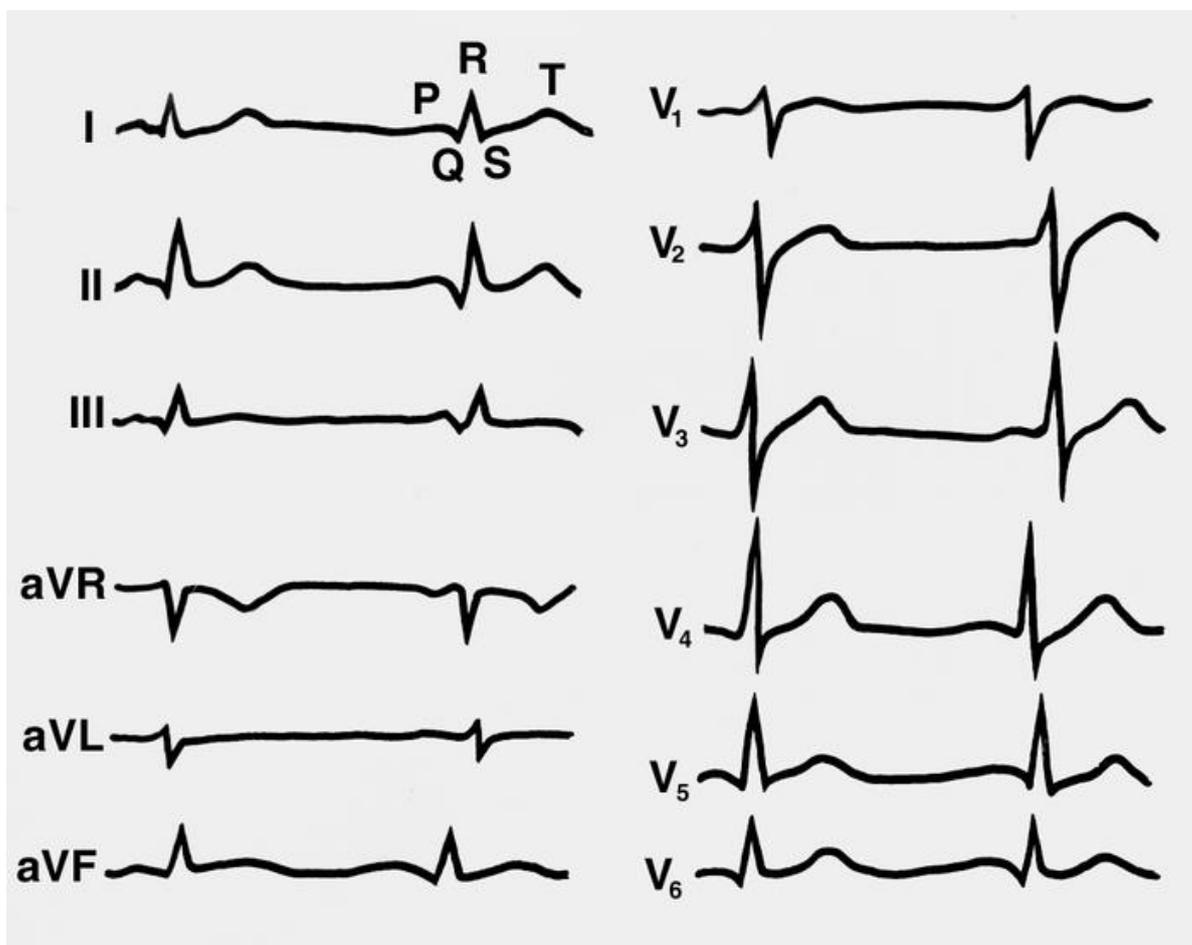


Рисунок. 1.5. Электрокардиограмма здорового человека: ритм синусовый, 60 сокращений в 1 мин; интервалы: P—Q = 0,13 с, P = 0,10 с, QRS = 0,09 с, QRST = 0,37 с. Зубец P в отведениях I, II, III, aVF, aVL, V<sub>2</sub> — V<sub>6</sub> положительный, в отведении V<sub>1</sub> зубец P — двухфазный (±), в отведении aVR — отрицательный. R<sub>II</sub> > R<sub>I</sub> = R<sub>III</sub> (∠α = +60°). Зубец T<sub>II</sub> > T<sub>I</sub> > T<sub>III</sub> положительный. Зубец Q в отведениях I, II, aVF, V<sub>5</sub>—V<sub>6</sub> не превышает 0,02 с. В грудных отведениях высота зубцов R и T наибольшая в отведении V<sub>4</sub>; она

постепенно уменьшается в направлении отведений  $V_1$  и  $V_6$ , имея наименьшую величину в отведении  $V_1$ . Переходная зона в отведении  $V_3$ . Сегмент RST в отведениях I, II,  $V_4$ — $V_6$  на уровне изолинии в отведениях III,  $V_2$  — смещен вверх (менее 1 мм).

Положение электрической оси можно определить через значение величины угла  $\alpha$ , который построен в системе осей отведения и координат от конечностей (см. рис. 1.6, а и б). В каждом из любых двух отведений от конечностей (обычно в I и III) угол вычисляется как сумма амплитуд зубцов в комплексе QRS. Нормальное положение угла  $+30^\circ$  -  $+60^\circ$ ; горизонтальное положение  $0^\circ$  -  $+29^\circ$ ; вертикальное  $+70^\circ$  -  $+90^\circ$ . Отклонение влево  $-1^\circ$  -  $-90^\circ$ ; вправо  $+91^\circ$  -  $\pm 80^\circ$ . В горизонтальном расположении интегральный вектор параллелен оси отведения T; зубец  $R_I$  достаточно высокий в сравнении с зубцом  $R_{II}$ ; при это выполняются соотношения  $R_{III} < S_{III}$ ;  $R_{aVF} > S_{aVF}$ . В случае отклонении интегрального вектора сердца влево имеет место быть соотношения  $R_I > R_{II} > R_{aVF} < S_{aVF}$  ( $R_{III} < S_{III}$ ). В отношении вертикального положения интегрально вектора сердца при отклонении вправо  $R_I$  достаточно низкий, а  $S_I$  и  $R_{III}$  увеличиваются.

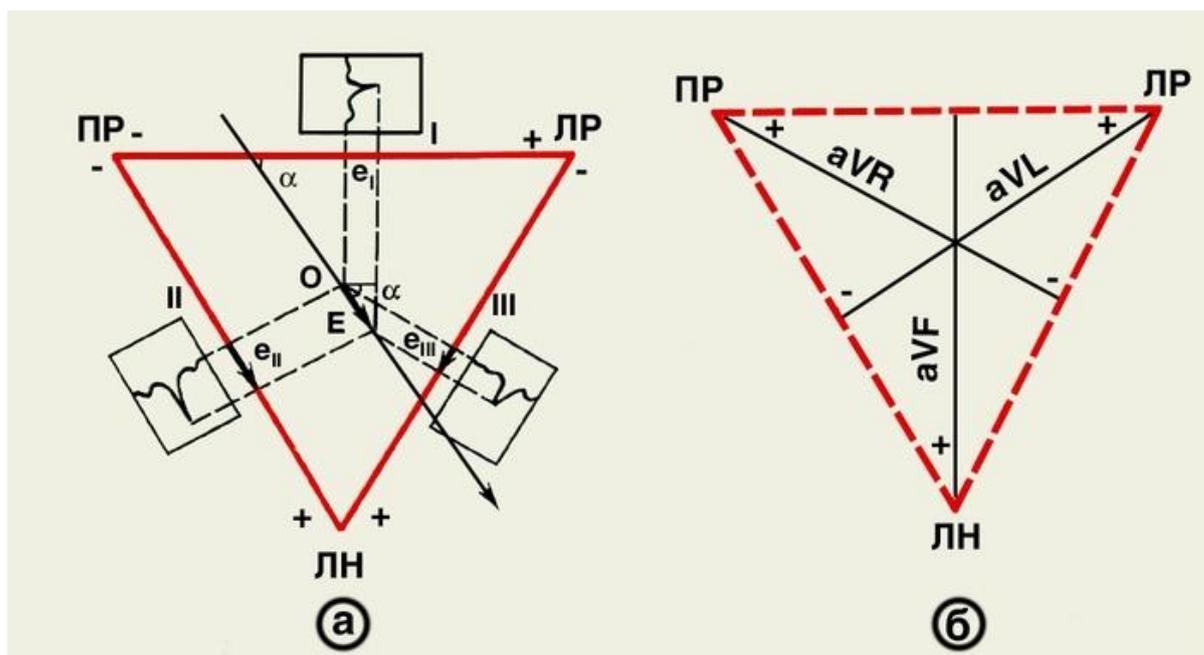


Рисунок 1.6. Схемы отведений электрокардиограммы от конечностей:

а — стандартные отведения (треугольник Эйнтховена); проекция интегрального вектора  $E$  на ось отведения образуется при опускании на нее перпендикуляров из нулевой точки диполя (0) и из конца вектора  $E$ ; проекция нулевой точки разделяет каждую из осей отведения на положительный и отрицательный компоненты;

ПР — правая рука, ЛР — левая рука, ЛН — левая нога,  $I_I$ ,  $I_{II}$ ,  $I_{III}$  — проекции вектора  $E$  соответственно на оси отведения ПР — ЛР, ПР—ЛН и ЛР—ЛН ( $I$ ,  $II$  и  $III$  отведения). Рядом с осями отведений схематически представлены ЭКГ.

Угол  $\alpha$  между вектором  $E$  и осью  $I$  отведения определяет направление электрической оси сердца;

б — схема расположения осей усиленных однополюсных отведений от конечностей;  $aVR$ ,  $aVL$  и  $aVF$  (сплошные линии): знаками  $+$  и  $-$  обозначены положительный и отрицательный полюса отведений.

### **1.3 Диагностические возможности электрокардиографии**

На сегодня возможности ЭКГ предоставляет ряд полезной информации. По ЭКГ возможно отследить источник ритма – водитель ритма. Так же по ЭКГ возможно определение частоты и регулярность (стабильность) сердечных сокращений [1]. Данная информация крайне полезна при диагностике заболеваний, связанных с аритмией. Какие колебания или изменения сердечной проводимости будут отражаться на длительности зубцов интервалов. В случае нарушения кровообращения (ишемическое изменение) имеет место быть изменение конечной части желудочкового комплекса (зубец Т и интервал ST), что будет отображаться на ЭКГ также.

В ЭКГ важной характеристикой является амплитуда зубцов. В случае гипертрофии наблюдается увеличение этого параметра, что может быть признаком различных заболеваний сердца или гипертонической болезни.

ЭКГ очевидно является достаточно удобным и мощным диагностическим аппаратом, но имеется также ряд недостатков. Один из них

– кратковременность записи, порядка 20 секунд. Это неудобно в случаях, если человек страдает болезнями, к примеру, аритмией, которые могут не проявляться конкретно в момент записи. Также запись производят обычно в покое, при том, что более приемлемый является запись при повседневной деятельности. Одним из способов расширения возможностей ЭКГ применяют, так называемое, мониторирование ЭКГ по Холтеру – длительная запись, на протяжении 24 – 48 часов [2]. В этом случае проводится наблюдение в течение длительного промежутка времени за работой сердца и фиксированием всех получаемых данных. Данный метод позволяет проводить измерения в домашних условиях, что особенно полезно при оценке поведения сердца в повседневной деятельности.

Также при подозрении на ишемическую болезнь необходимо проводить ЭКГ-тест при наличии физических нагрузок. При этом нагрузку распределяют дозированно, с помощью беговой дорожки, велоэргометра и т.д.

### **1.3.1 Пробы с физической нагрузкой**

Для диагностирования коронарной недостаточности, нарушений ритма сердца и определения индивидуальной переносимости пациентов к физическим нагрузкам проводятся ЭКГ при дозированной физической нагрузке [3].

Физическая нагрузка разносторонне влияет на сердечно-сосудистую систему, при этом возможно выявление таких симптомов как, умеренное повышение артериального давления, тахикардия, увеличение работы сердца и, соответственно, потребности миокарда в кислороде. У здорового человека это приводит к адекватному расширению коронарных сосудов и увеличению сократимости миокарда. В случае наблюдения характерного изменения ЭКГ с приступами стенокардии, можно говорить об острой коронарной недостаточности, что обусловлено лимитированным коронарным кровообращением, и потребности миокарде в кислороде.

Наиболее популярными дозированными физическими нагрузками для обследования являются: на велоэргометре и на беговой дорожке (тредмиле). Более доступным видом физических нагрузок является велоэргометр. Велоэргометры, предназначенные для обследований обеспечивают строгое дозирование физической нагрузки путем отображения выполненной внешней работы в ваттах (Вт) или килограммометрах (кГМ). При проведениях проб с физической нагрузкой необходим электрокардиограф, аппарат для измерения уровня артериального давления – сфигмоманометр, а также фонендоскоп. По правилам безопасности место где проводится функциональное исследование – кабинет функциональной диагностики, необходимо оснащать дефибриллятором и других различных средств оказания неотложной помощи.

При проведении велоэргометрической пробы, как правило, проводят натощак в первой половине, но главное не раньше, чем через 2-3 часа после еды. Так же необходимо чтобы пациент не принимал лекарственных препаратов, которые могут исказить результаты, а именно: сустан, нитронг, 3-адреноблокаторы, сердечные гликозиды, мочегонные, некоторые противоаритмические препараты и т.д.

Существуют различные режимы распределения физической нагрузки при проведении велоэргометрической пробы. Как правило, нагрузку увеличивают ступенеобразно с интервалами 5 или 3 мин, при начальной мощности 150 кГм/мин. Данное пошаговое увеличение нагрузки возможно выполнять без перерывов с продолжительностью 15-20 минут: вариант для тренированных пациентов с заранее ожидаемой высокой переносимостью физических нагрузок, или же с перерывами продолжительностью 3-5 минут между каждым новым шагом увеличения нагрузки: вариант для слабо тренированных пациентов или же в случае диагностированных болезней сердца.

При проведении велоэргометрической физической нагрузки поведение сердца постоянно контролируется на ЭКГ на экране осциллоскопа, а также



## 2 Электрокардиографическая аппаратура

Электрокардиографы предназначены для регистрации колебаний между двумя точками электрического поля сердца в состоянии возбуждения [5]. Для современных электрокардиографов характерны: высокая технологичность, и возможность работать в многоканальном или одноканальном режимах записи ЭКГ.

При многоканальной записи происходит синхронная регистрация нескольких электрокардиографических отведений (как правило, 2 – 8). Данный режим позволяет сильно сократить время для исследования, и обеспечивает более точную информацию в сравнении с одноканальным режимом записи.

Электрокардиограф позволяет:

- своевременно определять любые нарушения ритма сердца, путем измерения частоты сердечных сокращений;
- диагностировать нарушения электрической проводимости сердца (типичная диагностика), чтобы своевременно предупреждать случаи снижению, или прекращению насосной функции сердца;
- выявление дефектов или повреждений сердечной мышцы, в случае хронических или острых заболеваний.

Основными компонентами любого кардиографа являются: входное устройство, усилитель биопотенциалов и регистрирующее устройство (рис. 2.1) [3]. При возбуждении сердца, возникающая разность потенциалов на поверхности тела регистрируется системой металлических электродов. При этом электроды прикрепляются к различным участкам тела с помощью резиновых груш или ремней. Затем электрический сигнал, через входные провода, которые маркируются различными цветами, подается на коммутатор. Выходя из коммутатора сигнал подается на вход усилителя, представляющего собой набор катодных ламп, триодов или интегральных схем.

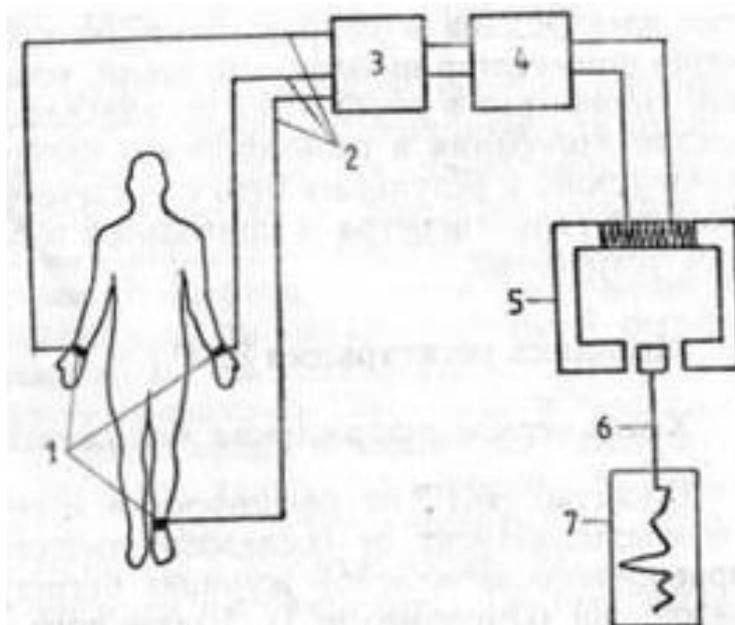


Рисунок 2.1. Устройство электрокардиографа

1 — электроды; 2 — провода кабеля отведения; 3 — коммутатор отведений; 4 — усилитель; 5 — гальванометр; 6 — пишущее устройство; 7 — ЭКГ-лента;

Небольшое напряжение, получаемое электродами, составляет порядка 1-3 мВ. После многократного усиления сигнал подается на регистрирующее устройство прибора. Полученные электрические колебания преобразуются в механическое движение якоря электромагнита. И затем каким-либо способом записываются на движущуюся ленту. В наши дни самым популярным является вариант с использованием малоинерционного (очень легкого) писчика, который реализует непосредственную запись перемещений якоря электромагнита. При этом к писчику подводятся постоянно специальные чернила. Электрокардиографическая движущаяся бумажную ленту имеет вид, схожий с миллиметровкой. (рис. 2.2).

Также существует электрокардиографы с тепловой записью ЭКГ. В них писчик нагревается и затем «выжигает» соответствующую кривую на специальной тепловой бумаге.

И еще одним из вариантов являются электрокардиографы капиллярного типа, так называемые мингографы. В них ЭКГ записывается путем разбрызгивания тонкой струи чернил.

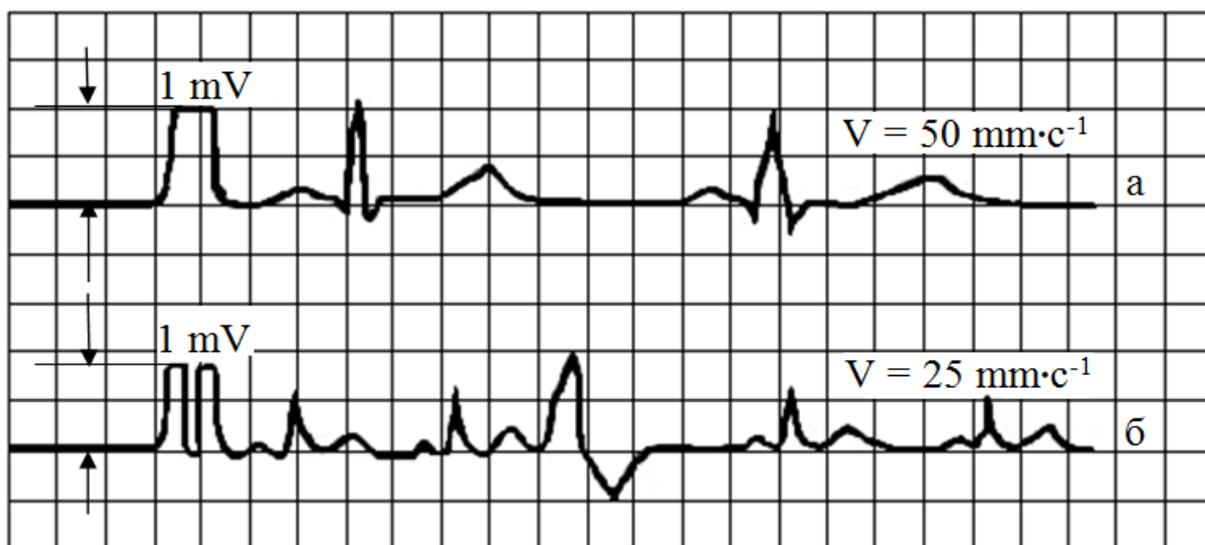


Рисунок 2.2. ЭКГ, зарегистрированные со скоростью  $50 \text{ мм}\cdot\text{с}^{-1}$  (а) и  $25 \text{ мм}\cdot\text{с}^{-1}$ .

В начале каждой кривой показан контрольный милливольт.

Механизмы протяжки ленты в современных электрокардиографах позволяют двигать ленту с различной скоростью: 25, 50, 100  $\text{мм}\cdot\text{с}^{-1}$  и т.д. Скорость влияет на то, какую форму будет иметь кривая ЭКГ, либо более растянутой, либо более сжатой. Как правило, на практике в электрокардиологии скорость регистрации ЭКГ имеет значение  $50 \text{ мм}\cdot\text{с}^{-1}$ .

Электрокардиографы имеют ряд требований с точки зрения эксплуатации, чтобы отображать достоверные данные. Электрокардиографы должны устанавливаться в сухом помещении в пределах температур  $10 - 30^\circ\text{C}$ . Также должны быть заземлены металлическая кровать и экранирующая сетка при записи ЭКГ.

## 2.1 Электрокардиографические отведения

Существуют разные конфигурации отведений ЭКГ. Разность потенциалов двух точек регистрируется одним отведением. Следовательно,

положением электродов можно разграничивать участок тела, на которых надо проводить регистрацию.

Из разных отведений электроды подключаются к гальванометру электрокардиографа. Один электрод из пары называется активный электрод отведения и присоединён к положительному полюсу гальванометра, а другой отрицательный электрод отведения – к отрицательному полюсу (рис. 2.3).

В наши дни в, клинической практике, самым часто применимым является вариант с 12 отведений ЭКГ: 3 стандартных, 3 усиленных отведения, и 6 грудных. Данный стандарт является обязательным при каждом электрокардиографическом отведении пациента.

### **2.1.1 Стандартные отведения от конечностей**

В 1913 г. Эйнтховен предложил стандартные двухполюсные отведения, которые регистрируют разность потенциалов. Они удалены от сердца и располагаются на во фронтальной плоскости на конечностях [3] [6]. Электроды накладываются согласно цвету следующим образом: на правой руке – красная маркировка, на левой руке – желтая маркировка, и на левой ноге – зеленая маркировка, на правой ноге – черная (рис. 2.3). Эти электроды за исключением черного, попарно подключаются к электрокардиографу для регистрации каждого из трех стандартных отведений. Четвертый (черный) электрод устанавливается соединением с заземляющим проводом.

На рис 2.3 знаками (+) и (-) какое отведение к каким полюсам подключается.

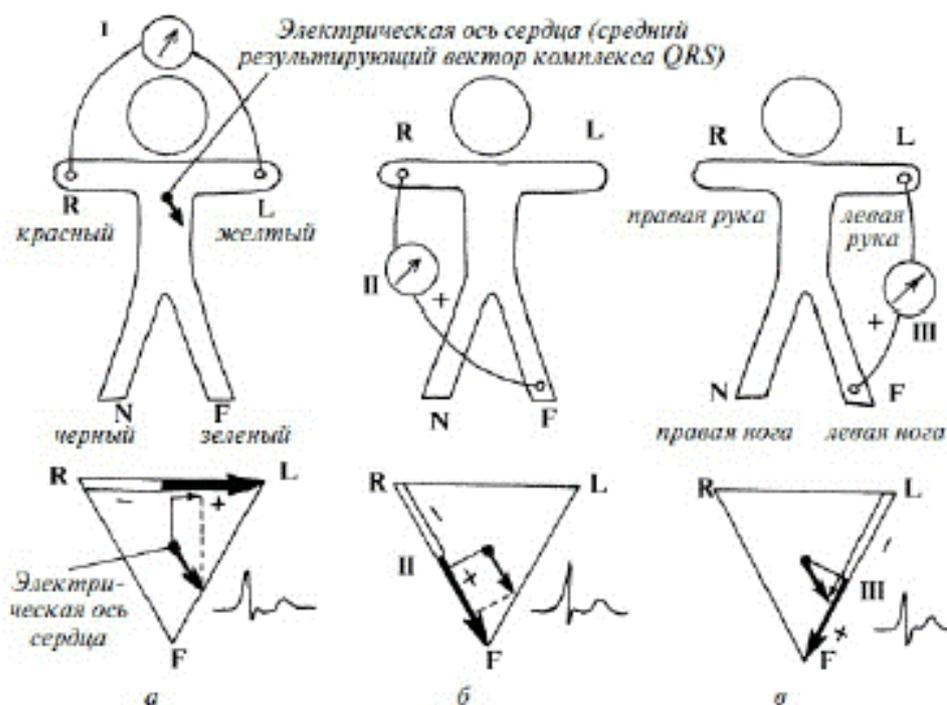


Рисунок 2.3. Формирование трех стандартных электрокардиографических отведений от конечностей.

Внизу – треугольник Эйнтховена, каждая сторона которого является осью того или иного стандартного отведения.

При стандартных отведениях составляют равносторонний треугольник, так называемый треугольник Эйнтховена, вершинами треугольника являются: правая рука, левая рука и левая нога с установленными электродами. Посередине равностороннего треугольника Эйнтховена располагается электрический центр сердца, или точечный единый сердечный диполь, который одинаково удален от всех трех стандартных отведений.

Ось отведения – гипотетической линия, соединяющая два электрода, составляющих одно отведение. Для треугольника Эйтховена осями стандартных отведений являются его стороны (рис. 2.3). Если из центра сердца (единичного сердечного диполя) провести перпендикуляры к сторонам треугольника (осями отведения), то каждая ось будет иметь положительную сторону, которая лежит в полуплоскости положительного электрода, и отрицательную, которая лежит в полуплоскости отрицательного электрода. По тому, куда падает проекция эдс, будет зависеть положительные или

отрицательные будут зубцы на ЭКГ. Если на положительную полуплоскость, то зубцы будут иметь положительное значение, если на отрицательную, то отрицательное.

### **2.1.2 Грудные отведения**

В 1934 г. Вильсоном были предложены грудные однополюсные отведения, которые фиксируют разность потенциалов между отрицательным объединенным электродом Вильсона и активными положительными электродами, которые установлены в конкретных точках поверхности грудной клетки.

Отрицательный электрод Вильсона получается с помощью дополнительных сопротивлений трех конечностей (правая рука, левая рука и левая нога), общий потенциал электрода Вильсона приблизительно равен 0,2 мВ.

Как правило, для грудных однополюсных отведений применяют 6 стандартных позиций для грудного электрода, которые расположены на передней и боковой поверхностях грудной клетки, в совокупности с отрицательным электродом Вильсон получается 6 общепризнанных отведений (рис. 2.4). Заглавной латинской буквой V обозначают грудные отведения по аналогии с потенциалом, напряжением, порядок определяется с помощью цифры в правом нижнем индексе буквы.

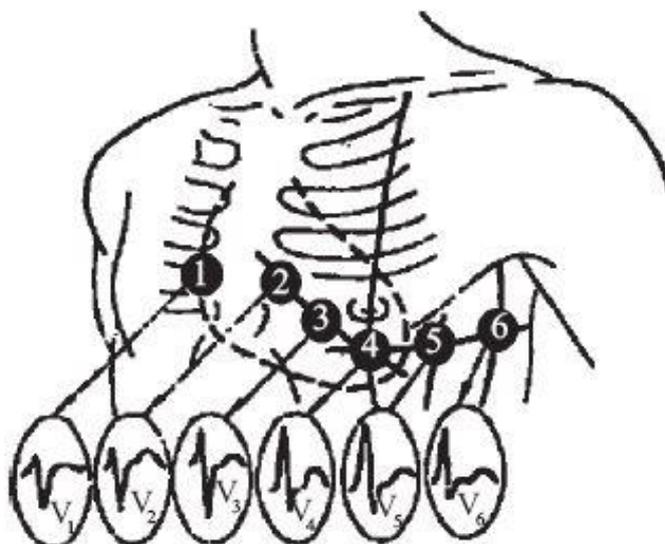


Рисунок 2.4. Положение 6 электродов грудных отведений на поверхности грудной клетки

Отведение  $V_1$  – устанавливается по правому краю грудины в четвертом межреберье.

Отведение  $V_2$  – устанавливается по левому краю грудины в четвертом межреберье.

Отведение  $V_3$  – устанавливается между  $V_2$  и  $V_4$  позицией, то приблизительно в месте по левой парастеральной линии на уровне четвертого ребра.

Отведение  $V_4$  – устанавливается в пятом межреберье по левой срединно-ключичной линии.

Отведение  $V_5$  – устанавливается по левой передней подмышечной линии на том же горизонтальном уровне, что и  $V_4$ .

Отведение  $V_6$  – устанавливается по левой средней подмышечной линии на том же горизонтальном уровне, что и электроды отведений  $V_4$  и  $V_5$ .

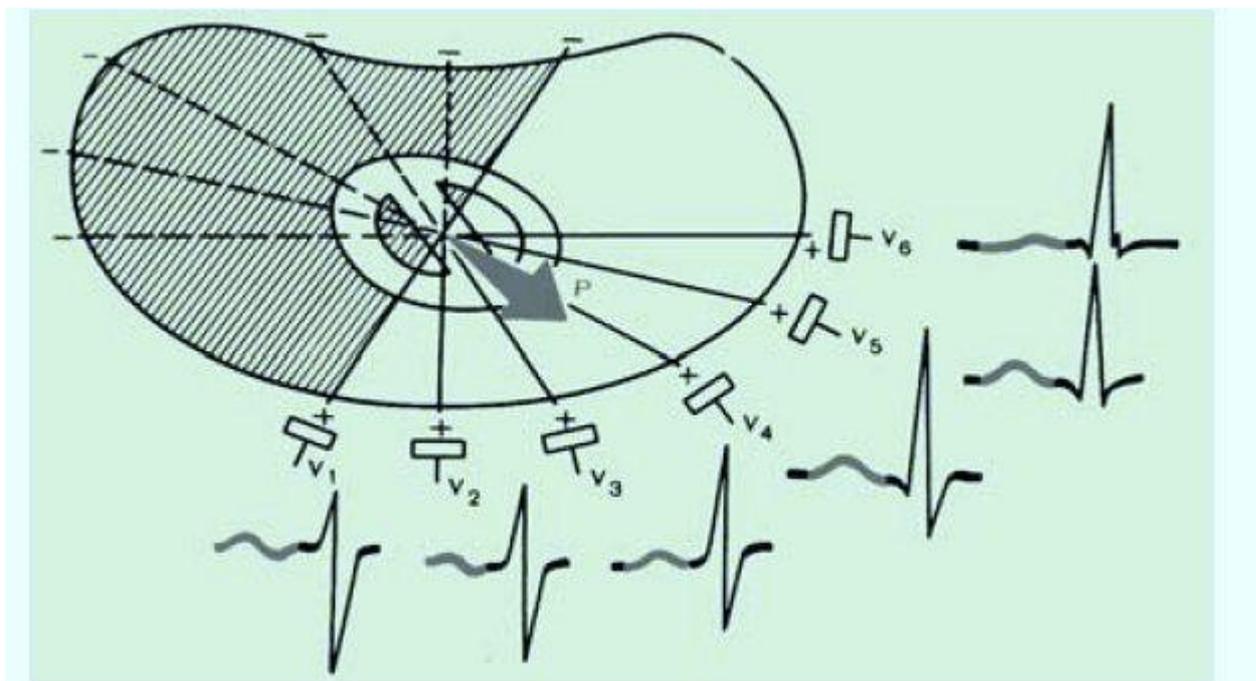


Рисунок 2.5. Расположение осей 6 грудных отведений в горизонтальной плоскости.

На рисунке 2.5 видно, что электроды располагаются таким образом, чтобы ось каждого грудного отведения проходила через единичный сердечный диполь. Также видно, что оси отведений  $V_1$  и  $V_5$ , а также  $V_2$  и  $V_6$  оказываются приблизительно перпендикулярными друг другу.

## 2.2 Электрокардиографические помехи

Любой кардиограф независимо от технических характеристик, содержит устройство для контроля усиления и регулировки [7]. Перед непосредственной записью ЭКГ на ленту, все каналы электрокардиографа устанавливаются на одинаковый режим усиления электрического сигнала. Поэтому сначала на усилитель получает калибровочное стандартное напряжение имеющее значение 1мВ. Как правило, усиление канала выбирают так, чтобы стандартное напряжение отклоняло гальванометр и регистрирующую системы на 1 мм (рис.2.6). Для этого в положении переключателя отведений «0» регулируют усиление электрокардиографа и регистрируют калибровочный милливольт. Данный способ калибровки

обеспечивает возможность сравнения ЭКГ, зарегистрированных у пациента в разные моменты времени и на различных приборах.

В случае необходимости можно корректировать усиление: При необходимости можно изменить усиление: при слишком большой амплитуде зубцов ЭКГ ( $1 \text{ мВ} = 5 \text{ мм}$ ) уменьшить, или же наоборот при малой слишком амплитуде ( $1 \text{ мВ} = 15$  или  $20 \text{ мм}$ ) увеличить.

Недостатком усилительной системы является усиление не только полезного сигнала, который несет корректную информацию, но и также усиление помех и шумов присутствующих в измерениях. При этом некоторые помехи являются неустраняемыми. При этом возможны изменения формы зубцов, несвязанные с поведением ритма сердца. И существует возможность интерпретировать их ошибочно как признаки поражения миокарда.

Существуют разные причины для появления помех. Среди них могут быть электрическая активность тканей, через которые проходит импульс, сопротивление тканей, а также наличие сопротивления на входе усилителя. Один из примеров на практике является учет активности скелетных мышц, вследствие этого часто просят пациентов при записи ЭКГ не напрягать мышцы. Ненулевые токи от мышц суммируются с сигналом электрокардиограммы у больных с дрожательным параличом, хореей, тетанией, паркинсонизмом, тиреотоксикозом. При этом изменения, вносимые мышечными токами, бывает трудно различить от трепетания предсердий.

Также в случае случайного удара кушетки или аппарата, возникающие артефакты, похожи на желудочковые экстрасистолы. Но при должном внимании не составляет труда их отличать. В случае неисправности ленты или отметчика, запись ЭКГ похожа на запись с наличием аритмии.



Рисунок 2.6. Помехи, возникающие при регистрации ЭКГ  
 а - наводные токи (сетевая наводка в виде правильных колебаний с частотой 50 Гц); б - «плавание» (дрейф) изолинии в результате плохого контакта электрода с кожей; в - наводка, обусловленная мышечным тремором (видны неправильные частые колебания).

Для избегания неверной интерпретации результатов и обнаружения артефактов, нужно строго придерживаться определенной схемы ее расшифровки, которую следует хорошо запомнить.

Очень важным является неизменность изолинии так как относительно нее судят об амплитуде зубцов. Постоянство нулевой линии зависит от наличия достаточно высокого входного сопротивления усилительной системы и минимального кожного сопротивления.

Значительный вклад в помехи вносит фоновые токи, обнаруживаемые по правильности колебаний частотой 50 Гц. В случае присутствия волос на кожи, а также других причин плохого контакта электродов с кожей, проявляется данный вид помех. Относительно несложной задачей является локализация места артефакта. Например, если артефакт наблюдается во II и III отведении, а в I отведении отсутствует, электрод имеет плохой контакт с проводом от левой ноги, или же электрод имеет плохой контакт с кожей. Если артефакт виден в I и II отведении, контакт с правой рукой недостаточный.

Если известно, что контакты во всех отведениях хорошие, а артефакт виден во всех отведениях, то следует заземлять правую ногу, присоединив ее специальным проводом к отопительным или водопроводным трубам. В ряде случаев полезным оказывается изменить положение кушетки, поскольку тело пациента может выполнять роль антенны для атмосферных токов в определенном положении. Более того, осветительную сеть нельзя располагать параллельно оси отведения. Также ряд фильтров позволяют избежать появления артефактов. Но необходимо соблюдать при этом осторожность из-за возможности отсечения не только помех, но и полезного сигнала.

### **2.3 Условия проведения электрокардиографического исследования**

Для записи ЭКГ выделяется отдельная комната, удаленная от всевозможных источников электрических помех, которые могут вносить помехи, таких как физиотерапевтических и рентгеновских кабинетов, распределительных электрощитов и т.д. Кушетка должна располагаться на расстоянии не меньше, чем 1,5- 2 м от проводов электросети [8].

Экранирование кушетки полезно в виде, подложки под пациента с металлической сеткой, которая заземлена.

Обследование должно проводиться не ранее, чем через 10-15 минутного отдыха, а также через 2 часа после приема пищи. Больной должен быть раздет до пояса, голени должны быть также освобождены от одежды.

Запись ЭКГ проводится обычно в положении больного лежа на спине, что позволяет добиться максимального расслабления мышц.

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

В настоящее время ценность любого научного исследования определяется не столько новизной и глобальностью открытия, заложенного в работу, сколько практической направленностью данной разработки, а именно, возможность широкого использования в предполагаемом сегменте рынка. Критерием по оценке данной практической в первую очередь является коммерческая ценность. Оценка данного критерия позволит предположить перспективу исследования, с возможностью финансирования и поддержки со стороны заинтересованных лиц, в том числе организаций и государства.

Не стоит забывать, что привлекательность работы для коммерческих предприятий растет не только с наличием принципиально инновационных методик по разработке объекта, но и тем насколько данная методика применима и окупаема. Следовательно, перед разработчиком стоит цель проводить исследования, направленные на изучение возможных затрат на реализацию и оценку прибыли, полученной во время эксплуатации данной разработки и т.д.

Достижение данной цели обеспечивается решением задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

## **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Результатом исследования является создание бесконтактной системы ЭКГ на емкостной связи на базе инженерной школы ядерных технологий, благодаря которому можно получать данные через изоляционный материал (одежду и т.д.). Также данный агрегат обладает следующими преимуществами: малогабаритность, дешевизна создания.

Целевым рынком данной работы будут являться в основном медицинские учреждения, а также в сфере образования. Результаты сегментирования представлены на рисунке 4.1.

		Медицинские учреждения	Научная отрасль	Образовательная отрасль
Потребность	Сильная			
	Слабая			

Рисунок 4.1 – Карта сегментирования рынка услуг по использованию бесконтактных аппаратов ЭКГ

Таким образом, на рисунке 4.1 представлены основные потребители разработанной моделей.

### **4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное

исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации. Определены следующие технические критерии оценки:

- Время наработки данных – технические характеристики вычислительных технологий.

- Помехоустойчивость – способность устройства выполнять свои функции при наличии помех.

- Мобильность – возможность передвижения установок для работы в различных местах.

- Потребность в ресурсах памяти – технические характеристики вычислительных технологий.

- Наличие отходов – чистота производства.

- Простота в эксплуатации – удобство в использовании.

- Наличие дорогостоящего оборудования – возможность использования современного оборудования.

- Помимо технических критериев оценки ресурсоэффективности определены также и экономические критерии оценки:

- Конкуренентоспособность продукта – соотношение достоинств и недостатков различных способов обеспечения, с помощью полученных материалов и объектов, точной диагностики в лучевой терапии.

- Стоимость реализации проекта – оценка финансовых затрат на реализацию проекта.

- Трудоемкость – количество времени, затрачиваемого на производство единицы продукции.

- Финансирование научной разработки – поддержка государством или инвесторами [13].

В таблице 4.1 приведена оценочная карта сравнения конкурентных технических решений.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Время наработки данных	0,2	3	4	1	0,6	0,8	0,2
2. Помехоустойчивость	0,02	3	4	3	0,06	0,08	0,06
3. Мобильность	0,2	5	3	5	1	0,6	1
4. Потребность в ресурсах памяти	0,1	5	3	2	0,5	0,3	0,2
5. Наличие отходов	0,06	5	3	5	0,3	0,18	0,3
6. Простота в эксплуатации	0,09	5	3	1	0,45	0,27	0,09
7. Наличие дорогостоящего оборудования	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
8. Конкурентоспособность продукта	0,03	5	3	3	0,15	0,09	0,09
9. Цена	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
10. Финансовая эффективность научной разработки	0,05	4	5	5	0,2	0,25	0,25
11. Трудоемкость	0,05	4	5	1	0,2	0,25	0,05
Итого	1				4,36	3,82	3,24

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i * B_i = 4,36 \quad (5.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;  $V_i$  – вес показателя (в долях единицы);  $B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Аппараты ЭКГ используемые на сегодняшний день имеют ряд недостатков. Их изготовление занимает большой промежуток времени. Кроме этого данные аппараты не могут проникать через простейшие помехи, такие как ткань и т.д.

Полученные данные в таблице 4.1 позволяют говорить о том, что исследование является эффективным, так как обеспечивает приемлемое качество результатов. Дальнейшее инвестирование данной разработки можно считать целесообразными.

#### 4.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

SWOT-анализ заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. SWOT-анализ данного научно-исследовательского проекта представлен в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта	Сильные стороны проекта			
	C1	C2	C3	C4
B1	+	+	+	+
B2	+	+	+	+
B3	+	+	+	+
B4	+	+	+	+

В матрице пересечения сильных сторон и возможностей имеет определенный результат: «плюс» – сильное соответствие сильной стороны и возможности, «минус» – слабое соотношение.

В результате была составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>С1. Актуальность предлагаемого решения. С2. Применение современного оборудования и программного обеспечения. С3. Бюджетное финансирование. С4. Получение результатов высокой точности</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>Сл1. Ограниченное применение конкретной модели. Сл2. Необходимость экспериментального подтверждения результатов Сл3. Необходимость ручного редактирования Сл4. Ограниченный круг потребителей</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование разработки для дальнейших исследований.</p> <p>В2. Разработка процедур и регламентов для создания новых дозиметрических фантомов.</p> <p>В3. Расширение возможностей данной разработки.</p> <p>В4. Спрос на результаты исследования при разработке новых фантомов.</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и возможности»:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Полное обеспечение условий для создания и применения модели для расчетов.</li> <li>2. Заинтересованность различных организаций и групп ученых в проведенных исследованиях.</li> <li>3. Высокая точность получаемых результатов позволяет повысить спрос на разработку.</li> </ol>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и возможности»:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Экспериментальное подтверждение полученных результатов может быть реализовано в НИ ТПУ.</li> <li>2. Круг потребителей можно увеличить, если повысить функционал разработки, а также еще более упростить алгоритм работы с разработкой</li> </ol>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Низкий спрос со стороны заказчиков.</p> <p>У2. Вероятность разработки подобных моделей другими организациями.</p> <p>У3. Сложность продвижения разработки.</p> <p>У4. Отсутствие возможности проведения сложных экспериментов.</p> <p>У5. Разработка принципиально другой технологией</p>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Сильные стороны и угрозы»:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Благодаря возможностям и простоте алгоритмов разработки и своевременному финансированию продвижение на рынок может стать успешным.</li> <li>2. Использование современного программного обеспечения для эксплуатации позволит конкурировать с другими организациями.</li> <li>3. Дополнительное</li> </ol>	<p>Результаты анализа интерактивной матрицы проекта полей «Слабые стороны и угрозы»:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сотрудничество с заинтересованными организациями поможет облегчить процесс проведения сложных экспериментов.</li> </ol>

	<p>финансирование позволит провести дальнейшие исследования в улучшении разработки.</p>	
--	---	--

На основе результатов анализа данной матрицы можно сделать вывод о том, что трудности и проблемы, с которыми так или иначе может столкнуться данный исследовательский проект можно будет решить за счет имеющихся сильных сторон разработки.

## **4.2 Планирование управления научно-техническим проектом**

### **4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Иерархическая структура работы – это детализация укрупненной структуры работы. На рисунке 4.2 представлена иерархическая структура работы для данного исследования.

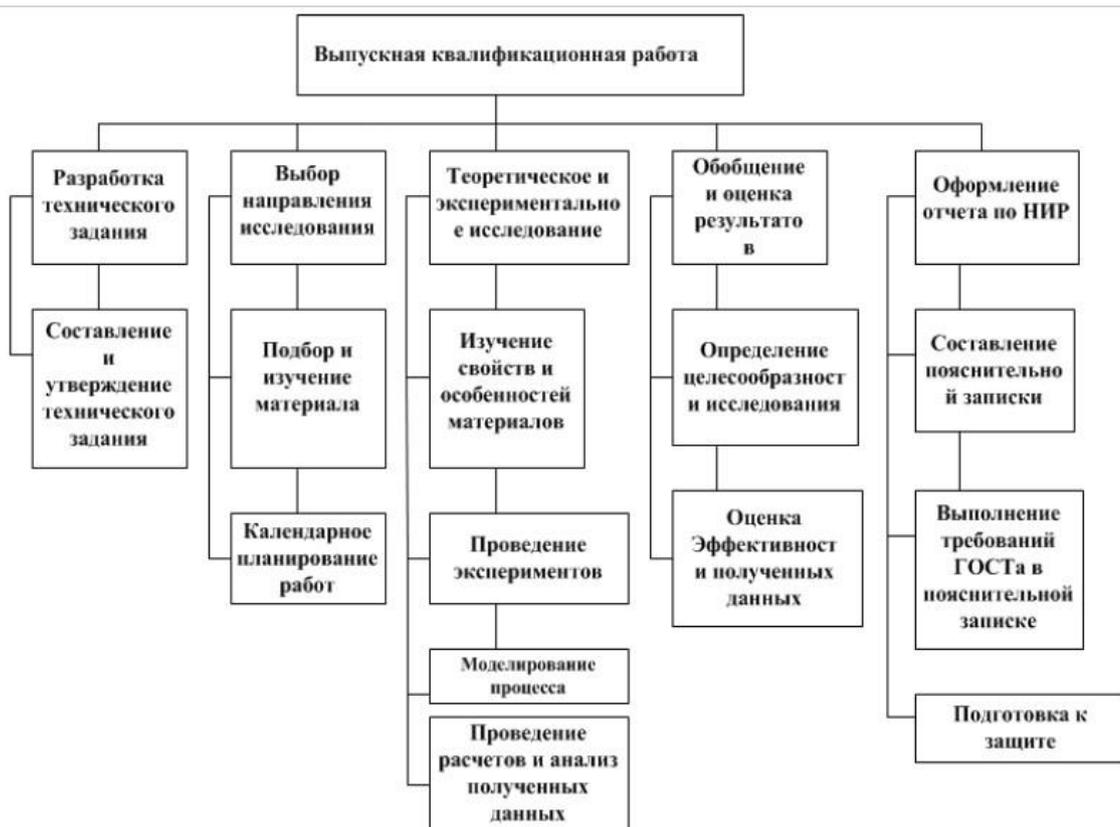


Рисунок 4.2 - Иерархическая структура работы.

#### 4.2.2 Контрольные события проекта

Данный раздел освещает основные события проекта, их результат и даты. Информация сведена в таблице 4.4.

Таблица 4.4 – Основные события проекта

№	Контрольное событие	Дата	Результат (подтверждающий документ)
1	Разработка технического задания	10.02.2020-13.02.2020	Приказ о НИР
2	Составление и утверждение технического задания	17.02.2020	Задание на выполнение исследования
3	Выбор направления исследований	17.02.2020	-
4	Подбор и изучение материалов по теме	17.02.2020-23.02.2020	Отчёт
5	Календарное планирование работ	25.02.2020	План работ

6	Изучение программного обеспечения	2.03.2020	Отчёт
7	Проведение расчётов	10.03.2020-30.04.2020	Отчёт
8	Сравнение полученных данных	30.03.2020	Отчет
9	Разработка методики эксперимента	2.04.2020-30.04.2020	Методика
10	Проведение эксперимента	30.04.2020-8.05.2020	-
11	Обобщение и оценка результатов	8.05.2020	Отчёт
12	Составление пояснительной записки	17.02.2020-08.05.2020	Пояснительная записка
13	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	12.05.2020	
14	Подготовка к защите	12.05.2020-29.05.2020	

#### 4.2.3 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

После составления контрольных событий проекта формулируется план проекта – порядок этапов и работ, выполняемых рабочей группой, состоящей из научного руководителя и бакалавра. С планом проекта можно ознакомиться в таблицах 4.5 и 4.6.

Таблица 4.5 – Порядок составления этапов и работ

№ работы	Название	Длительность, кал. дни	Дата	Состав участников
1	Разработка технического задания	4	10.02.2020-13.02.2020	руководитель
2	Составление и утверждение технического задания	5	17.02.2020 - 21.02.2020	руководитель инженер
3	Выбор направления исследования	1	17.02.2020	руководитель инженер
4	Подбор и изучение материалов по теме	7	17.02.2020-23.02.2020	руководитель инженер

5	Календарное планирование работ	1	25.02.2020	инженер
6	Проведение расчетов	52	10.03.2020-30.04.2020	инженер
7	Сравнение полученных данных	1	30.03.2020	руководитель инженер
8	Разработка методики эксперимента	28	2.04.2020-30.04.2020	руководитель инженер
9	Проведение эксперимента	9	30.04.2020-8.05.2020	инженер
10	Обобщение результатов	1	8.05.2020	руководитель инженер
11	Составление пояснительной записки	82	17.02.2020-08.05.2020	инженер
12	Проверка правильности выполнения ГОСТа пояснительной записки	1	12.05.2020	инженер
13	Подготовка к защите	18	12.05.2020-29.05.2020	инженер

В ходе научного исследования был построен ленточный график в форме диаграмм Гантта, таблица 4.6. Диаграмма Гантта – горизонтальный ленточный график, на котором плановые работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 4.6 – Календарный график проведения ВКР

Содержание работ		Тк, кал дни	Время выполнения работ														
			февраль			март			апрель			май			июнь		
1	Разработка технического задания	4	■														
2	Составление и утверждение технического задания	5		■													
3	Выбор направления исследования	1			■												
4	Подбор и изучение материалов по теме	7			■	■											
5	Календарное планирование работ	1				■											
6	Изучение программного обеспечения	10					■	■									
7	Создание модели фантома	3						■	■								
8	Создание модели материалов	1							■								
9	Проведение расчетов	45								■	■	■	■	■	■	■	■
10	Сравнение полученных данных	1									■						
11	Разработка методики эксперимента	15											■	■	■	■	■
12	Проведение эксперимента	5													■	■	■



### 4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования должно быть обеспечено полное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе расчета бюджета научно-технического исследования используется следующая группировка затрат по статьям:

1. Материалы
2. Спецоборудование для научных и экспериментальных работ
3. Основная заработная плата исполнителей
4. Дополнительная заработная плата исполнителей
5. Отчисления во внебюджетные фонды
6. Накладные расходы

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 4.7.

Таблица 4.7– Расходы на материалы

Наименование	Марка, размер	Количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб
Бумага	Снегурочка	1 пачка	270	270
Ручка	MaxRitter	4	50	200
Доступ в интернет	КЦ	5месяцев	350	1750
Всего материалов				2220
Транспортно-заготовительные расходы				0
Итого				2220

#### 4.3.2 Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Расчет амортизации специального оборудования.

Основным оборудованием являлся: персональный компьютер ASUS. Для оформления пояснительной записки и выполнения расчетов в течение 400 часов использовался компьютер ASUS, мощность которого составляет 140 Вт.

Рассчитываем затраты на приобретения оборудования, используемого в проведении работы. Специальное оборудование, используемое для работы, входит в виде амортизационных отчислений за период использования. Цена компьютера ASUS составляет 45 тысяч рублей, срок службы 3 года. Исходя из этого, были рассчитаны амортизационные отчисления и норма амортизации для данных средств.

Расчет амортизационных отчислений ведется по формуле:

$$A = \frac{H_A * C * T_0}{365 * 100\%}, \quad (4.1)$$

где  $A$  – амортизационные отчисления, руб.;  $C$  - стоимость оборудования, руб.;  $H_A$  - годовая норма амортизации, %;  $T_0$  – время использования оборудования, ч.

Годовая норма амортизации для персонального компьютера ASUS составляет 10 %.

Рассчитаем амортизационные отчисления за период использования ПК ASUS:

$$A = \frac{H_a \cdot C \cdot T_0}{365 \cdot 100\%} = \frac{10 \cdot 45000 \cdot 400}{365 \cdot 100\%} = 4931,507 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления по единицам оборудования приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Амортизационные отчисления по единицам используемого оборудования.

Наименование оборудования	Количество	С, руб.	$H_A$ , %	$T_0$ , дни	А, руб.
Персональный компьютер	1	45000	10	20	4931,507
Итого, руб.					4931,507

### 4.3.3 Затраты на оплату труда исполнителей научно-технического исследования

Статья включает основную заработную плату работников (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$Z_{ЗП} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.2)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1. Оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями.

2. Стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д. Дополнительная заработная плата включает оплату за непроработанное время (очередной и учебный отпуск, выполнение государственных обязанностей, выплата вознаграждений за выслугу лет и т.п.) и рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = K_{доп} * Z_{осн}, \quad (4.3)$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата в рублях;  $K_{доп}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;  $Z_{осн}$  – основная заработная плата в рублях.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = T_{\text{раб}} * Z_{\text{дн}}, \quad (4.4)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;  $T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником в рабочих днях;  $Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника в рублях.

Среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{T_{\text{г}}}, \quad (4.5)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

а) при отпуске в 56 раб. дн.  $M = 10,1$  месяца, 5-дневная неделя;

б) при отпуске в 48 раб. дн. месяца, 6-дневная неделя.  $M = 10,4$

$T_{\text{г}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 4.9).

Таблица 4.9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные, праздники): -выходные; -праздничные.	118	118
	100	100
	18	18
Отпуск	45	28
Действительный годовой фонд рабочего времени	218	232

Инженер во время написания диплома ежемесячно получает стипендию в размере 24000 руб. Основная заработная плата научного руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад – определяется предприятием;
- стимулирующие выплаты

– устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.;

– доплата за работу во вредных условиях труда; – оперативная премия.

Для расчёта месячного должностного оклада работника применяется формула:

$$Z_m = Z_{ок} * k_z, \quad (4.6)$$

где  $Z_{ок}$  – заработная плата по окладу, руб.;  $k_z$  – зонный коэффициент, равный 1,2.

Руководителем данной научно-исследовательской работы является сотрудник инженерной школы ядерных технологий Томского политехнического университета окладом 26100 руб. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$Z_{ок}$ , руб.	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_{раб}$ , дн	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	26100	31320	1451	8	11608
Инженер	24000	28800	1290	82	105780
Итого $Z_{осн}$ :					117388

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15 % от основной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{доп} = Z_{осн} * k_{доп}, \quad (4.7)$$

где  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата, руб.;  $k_{доп}$  – коэффициент дополнительной заработной платы;  $Z_{осн}$  – основная заработная плата, руб.

Примем коэффициент дополнительной заработной платы для научного руководителя равным 15 %. Результаты расчёта основной и дополнительной заработной платы исполнителей научного исследования представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Заработная плата исполнителей исследовательской работы

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	11608	105780
Дополнительная зарплата, руб.	1741	15867
Итого по статье С <sub>зп</sub> , руб.	134996.2	

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (4.8)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и т.д.).

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%

Отчисления во внебюджетные фонды от затраты на оплату труда составили 40498,86 руб.

#### 4.3.5 Накладные расходы

В данную статью входят расходы на содержание аппарата управления и общехозяйственных служб. По этой статье учитываются оплата труда административно-управленческого персонала, содержание зданий, оргтехники и хоз. инвентаря, амортизация имущества, расходы по охране труда и подготовке кадров.

Величина накладных расходов определяется как среднее от суммы затрат на НИИ умноженное на коэффициент  $k_{нр}$ , учитывающий накладные расходы и равный 0.16:

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{нр} \quad (4.9)$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

#### 4.4 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы проекта является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 4.12 – Расчет бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты исследования	2220
2. Амортизационные отчисления	4931,507
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	117388
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	17608,2
5. Отчисления во внебюджетные фонды	40498,86
6. Накладные расходы	29223,45
Бюджет затрат исследования	211870

#### 4.5 Определение ресурсной эффективности исследования

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.10)$$

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

разработки;  $b_i^a$ ,  $b_i^b$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности данного исследования представлен в форме таблицы 4.13.

Таблица 4.13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Аналог 1	Аналог 2
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	2
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	5	3
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	2
4. Энергосбережение	0,20	5	4	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	3	4
ИТОГО	1	4,3	4	3,15

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_i}{\Phi_{max}}, \quad (4.11)$$

где  $i$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $max$  – максимальная стоимость исполнения НТИ (в т.ч. аналоги).

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{финр}^p$ ) и аналога ( $I_{финр}^a$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\Phi}^p}; \quad (4.12)$$

$$I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{\Phi}^a}; \quad (4.13)$$

$$I_{финр}^p = \frac{4,3}{0,998} = 4,31;$$

$$I_{финр}^{a1} = \frac{4}{1,25} = 3,2;$$

$$I_{финр}^{a2} = \frac{3,15}{1,13} = 2,8.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта.

Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{финр}^p}{I_m^p}. \quad (4.14)$$

Таблица 4.14– Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Аналог 1	Аналог 2	Разработка
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки и аналогов	4	3,15	4,3
Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки и аналога	3,2	2,8	4,31
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,25	1	1,54

На основе расчета интегрального показателя с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности научного исследования можно заключить что, сравнительная оценка текущего проекта выше других аналогов.

Таким образом, итоговая себестоимость исследовательской работы по тематике диплома составила 211870рубль, время, необходимое для выполнения работы, составило 109 календарных дней.

## **5 Социальная ответственность**

Выпускная квалификационная работа выполнялась в следующем помещении: лаборатория инженерной школы ядерных технологий. В выше названном помещении располагается оборудование, при работе с которыми необходимо соблюдать ряд правил: техника безопасности, охрана труда, правила электро- и пожарной безопасности.

Охрана труда – это система законодательных, социально-экономических, организационных, технологических, гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособности человека в процессе труда.

Правила по охране труда и техники безопасности вводятся в целях предупреждения несчастных случаев, обеспечения безопасных условий труда работающих и являются обязательными для исполнения рабочими, руководящими, инженерно-техническими работниками.

Опасным производственным фактором, согласно, называется такой производственный фактор, воздействие которого в определенных условиях приводят к травме или другому внезапному, резкому ухудшению здоровья.

В данной исследовательской работе будут рассмотрены вредные факторы и соблюдение техники безопасности при обработке полученных результатов исследования на ЭВМ.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1 Специальные (характерные для рабочей зоны исследователя) правовые нормы трудового законодательства**

Как правило, знание и строгое соблюдение правил техники безопасности входит в обязанность каждого сотрудника. Ответственное лицо, обязуется

обучить персонал технике безопасности и производственной санитарии, проводя вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте.

После чего проводится периодическая проверка знаний правил безопасности квалификационной комиссией уже после обучения на рабочем месте.

По прохождению проверки проверяемому присваивается квалификационная группа по технике безопасности, соответствующая его знаниям и опыту работы, а также выдается специальное удостоверение.

Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь болезней и противопоказаний, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается только медицинским освидетельствованием.

### **5.1.2 Организация рабочего места исследователя**

Работа с ПЭВМ предполагает длительное нахождение персонала за рабочим столом, из-за чего необходимо максимально рационализировать планировку рабочего места. Рациональная планировка включает в себя четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. Предметы, необходимые для выполнения работ делятся на две категории: часто используемые и редко используемые, часто используемые предметы должны располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства, как показано на рисунке 5.1.

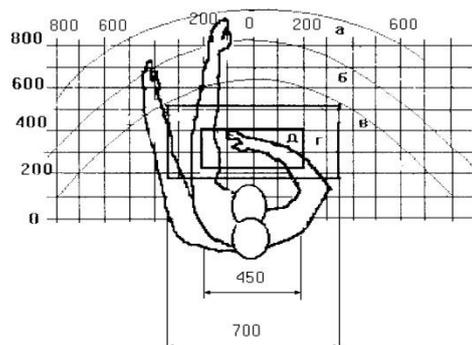


Рисунок 5.1 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости, где а - зона максимальной досягаемости рук; б - зона досягаемости пальцев при вытянутой руке; в - зона легкой досягаемости ладони; г - оптимальное пространство для грубой ручной работы; д - оптимальное пространство для тонкой ручной работы. Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук:

- дисплей размещается в зоне а (в центре);
- клавиатура в зоне г/д;
- системный блок размещается в зоне б (слева);
- принтер находится в зоне а (справа);
- документация: в зоне легкой досягаемости ладони – зона в (слева) - литература и документация, необходимая при работе; в выдвижных ящиках стола – литература, не используемая постоянно [13].

При проектировании письменного стола должны быть учтены следующие требования.

Высота рабочей поверхности стола рекомендуется в пределах 680-800 мм. Высота рабочей поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть 650 мм. Рабочий стол должен быть шириной не менее 700 мм и длиной не менее 1400 мм. Должно иметься пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм [13].

Рабочее кресло должно быть подъёмно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки до

переднего края сиденья. Рекомендуется высота сиденья над уровнем пола 420-550 мм. Конструкция рабочего кресла должна обеспечивать: ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм; поверхность сиденья с заглублённым передним краем [13].

Монитор должен быть расположен на уровне глаз оператора на расстоянии 500-600 мм. Согласно нормам, угол наблюдения в горизонтальной плоскости должен быть не более 45° к нормали экрана. Лучше если угол обзора будет составлять 30°. Кроме того, должна быть возможность выбирать уровень контрастности и яркости изображения на экране [13].

Должна предусматриваться возможность регулирования экрана [13]:

- по высоте +3 см;
- по наклону от 10 до 20 градусов относительно вертикали; - в левом и правом направлениях.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края. Нормальным положением клавиатуры является её размещение на уровне локтя оператора с углом наклона к горизонтальной плоскости 15°. Более удобно работать с клавишами, имеющими вогнутую поверхность, четырёхугольную форму с закруглёнными углами. Конструкция клавиши должна обеспечивать оператору ощущение щелчка. Цвет клавиш должен контрастировать с цветом панели [13].

При однообразной умственной работе, требующей значительного нервного напряжения и большого сосредоточения, рекомендуется выбирать неяркие, малоконтрастные цветочные оттенки, которые не рассеивают внимание (малонасыщенные оттенки холодного зеленого или голубого цветов). При работе, требующей интенсивной умственной

## 5.2 Производственная безопасность

### 5.2.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Опасные и вредные факторы, возникающие на рабочем месте, классифицируются по группам: физические, биологические и психофизиологические. Именно наличие данных факторов характеризуют производственные условия. В таблице 5.1 приведены основные элементы производственного процесса исследовательской работы, которые могли сформировать опасные и вредные факторы.

Таблица 5.1 - Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1. Расчеты и моделирование на компьютере производились в лаборатории инженерной школы ядерных технологий Томского политехнического университета и в домашних условиях на личном компьютере. Сборка и практические испытания экспериментальной установки	1. Воздействие радиации (ВЧ, УВЧ, СВЧ и т.д.)	-	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Санитарноэпидемиологические правила и нормативы. «Гигиенические требования к ПЭВМ и организация работы»
	-	2. Электрический ток	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность
	3. Шум, вибрация, микроклимат, освещение	-	ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	ФАКТОРЫ ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
проводились в лаборатории инженерной школы.	-	4.Пожароопасность	ГОСТ 12.1.004-91. ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

Как говорилось ранее, на рабочем месте могут возникнуть следующие вредные факторы:

Физические:

- температура и влажность воздуха;
- шум;
- статическое электричество;
- электромагнитное поле низкой частоты;
- освещенность;
- наличие излучения;

Психофизиологические:

- физические перегрузки (статические или динамические);
- нервно-психические перегрузки.

### **5.2.2 Обоснование мероприятий по защите исследователя от действия вредных факторов**

Обозначим основные параметры рабочей среды, которые характеризуют условия труда: микроклимат, электромагнитное поле, излучение, освещенность.

Воздух рабочей зоны (микроклимат) производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность,

скорость движения воздуха. Оптимальные и допустимые значения характеристик микроклимата устанавливаются в соответствии со [14] и приведены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 Оптимальные и допустимые параметры микроклимата

Период года	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный и переходный	23-25	40-60	0,1
Тёплый	23-25	40	0,1

Для поддержания оптимальных параметров микроклимата организуют следующие мероприятия: проектируют оптимальную вентиляцию с необходимым воздухообменом (наружный воздух должен подаваться в объеме не менее 30 м<sup>3</sup> в час на человека для помещения объемом до 20 м<sup>3</sup> на человека; а при объеме более 40 м<sup>3</sup> на человека и отсутствии выделения вредных веществ допускается естественная вентиляция), обеспечивают систему отопления, сохраняющую постоянное и равномерное нагревание воздуха, для помещений с повышенным требованием к чистоте воздуха используют водяное отопление, и последнее: кондиционирование воздуха [14].

Параметры микроклимата в лаборатории, в которой проводилось научное исследование регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: влажность – 50%, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом от минус 20 до 25°С, зимой от минус 13 до 15 °С. В лаборатории осуществляется естественная вентиляция. Воздух поступает и удаляется через щели, окна, двери. Основной недостаток такой вентиляции в том, что приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания [14].

Шум и вибрация ухудшают условия труда, оказывают вредное воздействие на организм человека, а именно, на органы слуха и на весь организм через центральную нервную систему. В результате этого ослабляется внимание, ухудшается память, снижается реакция, увеличивается число ошибок при работе. Шум может создаваться работающим оборудованием, установками кондиционирования воздуха, осветительными приборами дневного света, а также проникать извне. При выполнении работы на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 50 дБ [14].

Экран и системные блоки производят электромагнитное излучение. Основная его часть происходит от системного блока и видео-кабеля. Согласно [14] напряженность электромагнитного поля на расстоянии 50 см вокруг экрана по электрической составляющей должна быть не более:

в диапазоне частот 5Гц-2кГц - 25В/м; в диапазоне частот 2кГц-400кГц - 2,5В/м.

Плотность магнитного потока должна быть не более: в диапазоне частот 5Гц-2кГц - 250нТл; в диапазоне частот 2кГц-400кГц - 25нТл.

### **Действие электромагнитного излучения на организм человека**

Уже давно известен тот факт, что электромагнитное излучение несет негативный характер влияния на человека. Мы повсюду окружены техникой, проводами. Переизбыток таких воздействий влечет за собой изменения в иммунном фоне человека, что приводит к различным заболеваниям, которых можно было бы избежать, находясь в здоровой среде и окружении.

Человек обладает защитным биополем, которое, в свою очередь, подвергается негативному воздействию извне, и каждый день эти факторы своей силой разрушают эту оболочку тем сильнее, чем больше сила воздействия на человека.

Другими словами, чем больше человек окружает себя излучающими приборами, тем сильнее он получает негативное воздействие и ускоряет процесс разрушения защитной оболочки

Ежедневно множество людей сталкивается с таким сильным источником электромагнитного излучения как компьютер, современный человек большую часть своего свободного времени проводит именно за монитором, а люди, чья работа непосредственно связана с компьютером, могут находиться под влиянием источника излучения до 17-18 часов в сутки. Компьютер можно считать одним из основных источников электромагнитного излучения. Когда компьютер работает, то вокруг него создается электромагнитное поле, которое снижает ионизацию окружающей среды, также стоит учитывать, что в процессе работы технические средства имеют свойство нагреваться, в результате чего нагревается и воздух, пересушивает его.

Сухой воздух приводит к аллергическим реакциям, а также может способствовать развитию болезней органов дыхания.

Высокой чувствительностью к воздействиям электромагнитного излучения также обладает сердечно-сосудистая система, нервная система, это выявлено по результатам проведенных исследований.

Излучения способны вызвать:

- нервные расстройства;
- нарушение сна;
- значительное ухудшение зрительной активности;
- ослабление иммунной системы;
- различные нарушения жизнеобразующих процессов;
- расстройства сердечно-сосудистой системы.

Люди до сих пор ведут споры о том, на сколько вредно и опасно рассматриваемое излучение. Некоторые стараются не обращать на это внимание, ведь уменьшить воздействия на данном этапе развития технологий крайне сложно, другие же, наоборот, исключают из своей жизни всю

вспомогательную технику и, по возможности, ведут здоровый образ жизни, стараются уехать в экологически чистые места и окружать себя природой.

Существуют следующие способы защиты от ЭМП:

—увеличение расстояния от источника (экран должен находиться на расстоянии не менее 50 см от пользователя);

—применение приэкранных фильтров, специальных экранов и других средств индивидуальной защиты.

При работе с компьютером источником ионизирующего излучения является дисплей. Под влиянием ионизирующего излучения в организме может происходить нарушение нормальной свертываемости крови, увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение иммунитета и др. Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкР/час. По нормам [14] конструкция ЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05м от экрана не более 100 мкР/час.

Утомляемость органов зрения может быть связана как с недостаточной освещенностью, так и с чрезмерной освещенностью, а также с неправильным направлением света.

Нормы освещенности  $E_{экс}$  и равномерности освещенности  $U_0$  в зоне зрительной работы независимо от плоскости нормирования (горизонтальной, вертикальной или наклонной), коэффициента пульсации освещенности  $K_p$ , объединенного показателя дискомфорта UGR и общего индекса цветопередачи  $R_a$  ИС для различных помещений и вида зрительной работы приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 - Учебные заведения

Наименование помещения, поверхности	Е <sub>экс</sub> , лк	Е <sub>ц</sub> , лк, не менее	U <sub>0</sub> , не менее	UGR, не более	R <sub>а</sub> , не менее	K <sub>п</sub> , %, не более
Классы, комнаты преподавателей	300	-	0,60	19	80	15
Классы вечернего обучения, обучения взрослых и лекционные залы	500					10
Столы для показа, черные доски	500		0,70			
Комнаты для рисования	500		0,60			
Классы изостудии в художественных школах*	750*		0,70			
Комнаты технического черчения	750		0,70	16		
Кабинеты, лаборатории и кабинеты труда	500		0,60	19		
Учебные мастерские	500					15
Комнаты для музыкальных занятий	300					10
Компьютерные классы**	300					5
Классы по изучению языка	300					10
Подготовительные классы и мастерские	500			22		
Вестибюли	200	75	0,40	22		-
Рекреации, коридоры	100	50		25		
Лестницы	150	-				
Общие комнаты для студентов и актовые залы	200			22		20
Библиотеки:	200		0,60	19		
- полки; - столы для чтения	500	100				10
Комнаты хранения демонстрационного материала	100	-	0,40	25		-
Спортзалы, общие бассейны	300		0,60	22		20
Столовые	200		0,40			
Кухни	500		0,60			10

опасные и вредные производственные факторы, связанные со световой средой (некогерентными неионизирующими излучениями оптического диапазона электромагнитных полей) и характеризующиеся чрезмерными (аномальными относительно природных значений и спектра) характеристиками световой среды, затрудняющими безопасное ведение трудовой и производственной деятельности:

- отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения;
- отсутствие или недостатки необходимого искусственного освещения;
- повышенная яркость света;
- пониженная световая и цветовая контрастность;
- прямая и отраженная блескость;
- повышенная пульсация светового потока.

У тех, кто работает с экраном дисплея, зрительная работа является наиболее напряженной и существенным образом отличается от других видов работ. По данным Института высшей нервной деятельности и нейрофизиологии АН СССР (РАН России) мозг пользователя ПЭВМ вынужден крайне отрицательно реагировать на два (и более) одновременных, но различных по частоте и не кратных друг другу ритма световых раздражений. При этом на биоритмы мозга накладываются пульсации от изображений на экране дисплея и пульсации от осветительных установок.

Способы снижения коэффициента пульсации освещенности.

Основных способов три:

- подключение обычных светильников на разные фазы трехфазной сети (два или три осветительных прибора);
- питание двух ламп в светильнике со сдвигом (одну отстающим током, другую опережающим), для чего в светильник устанавливают компенсирующие ПРА;
- использование светильников, где лампы должны работать от переменного тока частотой 400 Гц и выше.

### 5.2.3 Электробезопасность

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Не следует работать с ЭВМ и другими электрическими установками в условиях повышенной влажности (относительная влажность воздуха длительно превышает 75 %), высокой температуры (более 35 °С), наличии токопроводящей пыли, токопроводящих полов и возможности одновременного прикосновения к имеющим соединение с землёй металлическим элементам и металлическим корпусом электрооборудования.

Существует опасность электропоражения в следующих случаях [15]:

- при непосредственном прикосновении к токоведущим частям во время ремонта;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, оказавшимся под напряжением (в случае нарушения изоляции токоведущих частей);
- при прикосновении с полом, стенами, оказавшимися под напряжением;
- при коротком замыкании в высоковольтных блоках: блоке питания и блоке дисплейной развёртки.

Электрический ток, проходя через тело человека, оказывает тепловое, химическое и биологическое воздействие. Тепловое (термическое) действие проявляется в виде ожогов участка кожи, перегрева различных органов, а также возникающих в результате перегрева разрывов кровеносных сосудов и нервных волокон. Химическое (электролитическое) действие ведет к электролизу крови и других, содержащихся в организме человека растворов, что приводит к изменению их физико-химических составов, а значит, и к нарушению нормального функционирования организма. Биологическое действие проявляется в опасном возбуждении живых клеток и тканей организма, в результате чего они могут погибнуть.

Степень опасного и вредного воздействия на человека электрического тока зависит от:

- параметров электрического тока, протекающего через тело человека (величины напряжения, частоты, рода тока приложенного к телу),
- пути тока через тело человека (рука-рука, рука-нога, нога-нога, шея-ноги и др.),
- продолжительности воздействия тока через тело человека,
- условий внешней среды (влажности и температуры),
- состояния организма человека (толщины и влажности кожного покрова, состояния здоровья и возраста).

Опасное и вредное воздействие на людей электрического тока проявляется в виде электрических ударов и электротравм.

Электрическим ударом называется такое действие электрического тока на организм человека, в результате которого мышцы тела (например, рук, ног и т.д.) начинают судорожно сокращаться.

В зависимости от величины электрического тока и времени его воздействия, человек может находиться в сознании или без сознания, но при этом обеспечивается нормальная работа сердца и дыхания. В более тяжелых случаях потеря сознания сопровождается нарушением работы сердечнососудистой системы человека и ведет даже к смертельному исходу. В результате электрического удара возможен паралич важнейших органов тела человека (сердца, легких, мозга и т.д.).

Электрической травмой называется такое действие электрического тока на организм человека, при котором повреждаются ткани и внутренние органы человека (кожа, мышцы, кости и т.п.).

Мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок:

- отключение напряжения с токоведущих частей, на которых или вблизи которых будет проводиться работа, и принятие мер по обеспечению невозможности подачи напряжения к месту работы;
- вывешивание плакатов, указывающих место работы;

- заземление корпусов всех установок через нулевой провод;
- покрытие металлических поверхностей инструментов надежной изоляцией;
- недоступность токоведущих частей аппаратуры.

### **5.3 Экологическая безопасность**

Использование электрокардиографов и компьютеров требует решения таких важных вопросов, как утилизация отходов (микросхемы с содержанием цветных металлов, платы). Утилизация компьютеров, электрокардиографов и другой оргтехники проходит в несколько этапов. В первую очередь, специалисты по утилизации разбирают приборы на детали. Полученные компоненты сортируют по видам вторичного сырья (лом черных и цветных металлов, электронный лом) и отправляются на переработку. Люминесцентные лампы содержат ртуть и поэтому должны утилизироваться на специальных полигонах токсичных отходов.

### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайная ситуация — это обстановка на определённой территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, распространения заболевания, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Наиболее вероятной ЧС при проведении исследований является возникновение пожара в рабочем помещении.

Согласно [17], в зависимости от характеристики используемых в производстве веществ и их количества, по пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В, Г, Д. Так как помещение по степени

пожароопасности относится к категории В, т.е. к помещениям с твердыми сгорающими веществами, необходимо предусмотреть ряд профилактических мероприятий.

Возможные причины загорания:

- неисправность токоведущих частей установок;
- работа с открытой электроаппаратурой;
- короткие замыкания в блоке питания;
- несоблюдение правил пожарной безопасности;
- наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на: организационные, технические, эксплуатационные и режимные.

Организационные мероприятия предусматривают правильную эксплуатацию оборудования, правильное содержание зданий и территорий, противопожарный инструктаж рабочих и служащих, наличие плана эвакуации.

К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения, правильное размещение оборудования.

К режимным мероприятиям относятся, установление правил организации работ, и соблюдение противопожарных мер.

Для предупреждения возникновения пожара от коротких замыканий, перегрузок и т. д. необходимо соблюдение следующих правил пожарной безопасности [18,19]:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов;

- правильная эксплуатация оборудования (правильное включение оборудования в сеть электрического питания, контроль нагрева оборудования);
- правильное содержание зданий и территорий (исключение образования источника воспламенения - предупреждение самовозгорания веществ, ограничение огневых работ);
- обучение производственного персонала правилам противопожарной безопасности;
- издание инструкций, плакатов, наличие плана эвакуации;
- соблюдение противопожарных правил, норм при проектировании зданий, при устройстве электропроводов и оборудования, отопления, вентиляции, освещения;
- правильное размещение оборудования;
- своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

В случае возникновения пожара в первоначальной стадии своего развития, преподаватель и студенты обязаны:

- по телефону 01 (с сотового телефона 010) сообщить о пожаре в пожарную охрану, назвав точный адрес, что горит и свою фамилию. Сообщить о возникновении пожара оперативному дежурному ДДС университета и на вахту учебного корпуса.
- принять посильные меры к эвакуации людей и тушению пожара.

### **Выводы по разделу**

Выяснили, что на рабочем месте могут возникнуть как физические, так и психофизические вредные факторы. Определили оптимальные и допустимые параметры микроклимата.

Разобрали, как действует электромагнитное излучение на человека, какие изменения оно способно вызвать в человеческом теле и какие существуют способы защиты от ЭМИ.

Выделили существующие опасности электропоражения человеческого тела, также описаны мероприятия по обеспечению электробезопасности электроустановок.

В данном разделе проведен анализ зависимости утомляемости от условий труда применительно к выполнению ВКР, рассмотрены основные факторы, влияющие на работоспособность и здоровье исполнителей - пользователей ЭКГ, а также мероприятия, направленные на уменьшение их вредного воздействия на рабочем месте.

Из всего выше сказанного можно сделать вывод, что правильное использование компьютера, соблюдение эргономических правил и рабочей дисциплины может исключить практически весь спектр вредных воздействий длительной работы за компьютером по отношению к организму.

## **Заключение**

В процессе данной работы был разработан бесконтактный электрокардиограф на емкостной связи для регистрации изменений электрического потенциала поля сердца.

Разработанный бесконтактный электрокардиограф позволяет проводить исследования через изоляционный материал, что дает несомненные преимущества, например, при наличии обширных ожогов, когда необходимо контролировать электрические сигналы с тела.

Благодаря малогабаритности и при правильном прикреплении к телу пациента дает возможность проводить исследования даже при приложении физических нагрузок.

Проведены исследования характеристик макета. Измеренные характеристики разработанного прибора показали его работоспособность.

### Список используемых источников

1. В.В. Слободяник. Электрокардиография, НИИТ и ИО. 2005.
2. Заболевания сердечно-сосудистой системы [Электронный ресурс] / URL:Cardiportal.ru (дата обращения 15.03.2020)
3. В.В.Мурашко.Электрокардиография/ В.В.Мурашко,А.В.Струтынский. М.:Медицина, 2007.256с.:ил.
4. Дошицин В.Л. Практическая электрокардиография/ Дошицин В.Л.- СПб.: СПИКС, 1997.416с.
5. Инструментальные методы исследования сердечно-сосудистой системы/ под ред. Т.С. Виноградовой.-М.:Медицина,1986. – 416с.
6. Орлов В.Н. Руководство по электрокардиографии. — 9-е изд., испр. — М. : ООО «Медицинское информационное агентство», 2017. — 560 с. : ил.
7. Кардиография (введение) [Электронный ресурс]/ Url: Vestreferat.ru (дата обращения 02.04.2020)
8. Чернов А.З.Электрокардиографический атлас / Чернов А.З., Кечкер М.И. –М.:Медицина,1979. – 344с.
9. Н.А. Жумантаева. Разработка бесконтактного электрокардиографа/ Н.А. Жумантаева, Н.Д. Тургунова. //Наука. Технологии. Инновации// - Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011.
10. Н.А. Жумантаева.Разработка электрокардиографа с емкостной связью/ Н.А. Жумантаева, С.А. Филюков //Наука. Технологии. Инновации// - Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. С. 29-30.
11. Y.M. Chi. Micropower non-contact eeg electrode with active common-mode noise suppression and input capacitance cancellation/ Y.M. Chi, Gert Cauwenberghs/ IEEE Engineering in Medicine and Biology.- 2009.
12. E.S. Valchinov. An active electrode for biopotential recording from small localized biosources/ E.S. Valchinov N.E. Pallikarakis/ Biomedical engineering Online.- 2004.

13. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

14. ГОСТ 12.0.002-2014. ССБТ. Термины и определения [Текст]. - Взамен ГОСТ 12.0.002-80; введ.2016-06-01.- М.:Издательство стандартов, 2016. -28с.

15. СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах [Текст]. – Введ. 2017-01-01. – М.:Стандартинформ. 2017.

16. ГОСТ 12.1.038–82. ССБТ. Электробезопасность [Текст]. – Введ. 1983– 01–07. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 2 с

17. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования [Текст]. – Введ.1992. –М.:Изд-во стандартов,2002.

18. СНиП 21–01–97. Пожарная безопасность зданий и сооружений [Текст]. – Взамен СНиП 2.01.02–85; введ. 1998–01–01. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 1999. – 6 с.

19. Инструкция по охране труда при проведении радиомонтажных и настроечных работ.