

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

Институт Кибернетики
Направление подготовки Прикладная математика и информатика
Кафедра Программной инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

| Тема работы |
|---|
| Разработка алгоритма анализа главных компонент, выделяемых из набора однородных кардиосигналов |

УДК 004.93'11:616.12-008.3-073

Студент

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 8Б31 | Марченко Ксения Александровна | | |

Руководитель

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------------|----------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент каф. ПИ ИК | Вылегжанин Олег Николаевич | к.т.н. | | |

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------|------------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент каф. МЕН ИСГТ | Тухватулина Лилия Равильевна | к.ф.н. | | |

По разделу «Социальная ответственность»

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|-----------------------------|---------------------------|---------|------|
| Доцент каф. ЭБЖ ИНК | Извеков Владимир Николаевич | к.т.н. | | |

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|---------------------------|---------------------------|---------|------|
| Зав. Кафедрой ПИ ИК | Иванов Максим Анатольевич | к.т.н. | | |

Томск – 2017 г.

Запланированные результаты обучения по направлению

01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

| Код результатов | Результат обучения (выпускник должен быть готов) |
|-------------------------------------|---|
| <i>Профессиональные компетенции</i> | |
| P1 | Применять глубокие математические и профессиональные знания для решения задач научно-исследовательской, проектной, производственной и технологической деятельности в области системного и прикладного программирования |
| P2 | Умение использовать знания по естественнонаучным дисциплинам при определении задач математического моделирования объектов и явлений в различных предметных областях |
| P3 | Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий |
| P4 | Выполнять инновационные проекты с применением глубоких профессиональных знаний и эффективных методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих конкурентные преимущества в условиях экономических, экологических, социальных и других ограничений |
| P5 | Способность осуществлять организационно-управленческую и социально-ориентированную деятельность с соблюдением профессиональной этики |
| <i>Универсальные компетенции</i> | |
| P6 | Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, включая разработку документации и представление результатов инновационной деятельности. Толерантность в восприятии социальных и культурных различий |
| P7 | Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации |
| P8 | Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности. Способность к интеллектуальному, культурному, нравственному и профессиональному саморазвитию |

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

Институт Кибернетики
 Направление подготовки Прикладная математика и информатика
 Кафедра Программной инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

| |
|---------------------|
| бакалаврской работы |
|---------------------|

Студенту:

| Группа | ФИО |
|--------|-------------------------------|
| 8Б31 | Марченко Ксении Александровне |

Тема работы:

| | |
|--|--|
| Разработка алгоритма анализа главных компонент, выделяемых из набора однородных кардиосигналов | |
| Утверждена приказом директора (дата, номер) | |

Срок сдачи студентом выполненной работы:

| | |
|--|--|
| | |
|--|--|

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

| | |
|--|---|
| <p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования; документы конференции и отчеты НИР; программное обеспечение).</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> – кардиозаписи; – литературные источники. |
| <p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p> | <ul style="list-style-type: none"> – аналитический обзор по литературным источникам; – постановка задачи исследования; – реализация алгоритма проведения исследования; – проведение тестовых расчетов; – заключение по работе. |
| <p>Перечень графического материала</p> | |

| Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы | |
|--|------------------------------|
| Раздел | Консультант |
| 1. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | Тухватулина Лилия Равильевна |
| 2. Социальная ответственность | Извеков Владимир Николаевич |

| | |
|---|--|
| Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику | |
|---|--|

Задание выдал руководитель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|-------------------|----------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Доцент каф. ПИ ИК | Вылегжанин Олег Николаевич | к.т.н., доцент | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|---------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| 8Б31 | Марченко Ксения Александровна | | |

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

Институт Кибернетики
Направление подготовки Прикладная математика и информатика
Уровень образования бакалавр
Кафедра Программной инженерии
Период выполнения осенний / весенний семестр 2016/2017 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:

| Дата контроля | Название раздела (модуля) / вид работы (исследования) | Максимальный балл раздела (модуля) |
|---------------|---|------------------------------------|
| 08.02.2017 | Постановка целей и задач, получение исходных данных | |
| 11.02.2017 | Составление и утверждение ТЗ | |
| 16.02.2017 | Разработка календарного плана | |
| 01.03.2017 | Подбор и изучение материалов по тематике | |
| 06.03.2017 | Обсуждение литературы | |
| 30.03.2017 | Проведение разработки алгоритма решения задачи | |
| 14.04.2017 | Программная реализация алгоритма | |
| 22.04.2017 | Обсуждение результатов и оценка их эффективности | |
| 25.05.2017 | Оформление графического материала | |
| 30.05.2017 | Оформление расчетно-пояснительной записки | |

Составил преподаватель:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|----------------------|-----------------|------------------------|---------|------|
| Доцент кафедры ПИ ИК | Вылегжанин О.Н. | к.т.н., доцент | | |

СОГЛАСОВАНО:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|-------------|------------------------|---------|------|
| Зав. Кафедрой ПИ ИК | Иванов М.А. | к.т.н. | | |

Реферат

Выпускная квалификационная работа: 89 с., 25 рис., 19 источников, 1 прил.

Ключевые слова: кардиосигнал, электрокардиография высокого разрешения, низкочастотная низкоамплитудная компонента, метод главных компонент, сингулярное разложение.

Объектом исследования является кардиосигнал.

Цель работы – разработка алгоритма анализа главных компонент, выделяемых из набора однородных кардиосигналов.

В процессе исследования проводилась теоретическое ознакомление с подходами электрокардиографии высокого разрешения, методом главных компонент, сингулярным разложением, разработка алгоритма и реализация в пакете MathCAD.

В результате исследования разработан, реализован в пакете MathCAD и протестирован алгоритм анализа главных компонент, выделяемых из набора однородных кардиосигналов, сделаны выводы.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: разработанный алгоритм позволяет проводить обработку кардиозаписей и выделять информативную составляющую.

Область применения: разработанный алгоритм применяется в задачах обработки кардиозаписей.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в быстром выделении информативной составляющей кардиозаписи, потенциальной для диагностики аритмий сердечной деятельности.

В будущем планируется разработка тщательного анализа характеристик информативной составляющей, усовершенствование алгоритма и его тестирование на большом числе объектов.

Сокращения

В данной работе применены следующие сокращения:

ВСС – внезапная сердечная смерть;

ЭКГ – электрокардиография;

ЭКГ ВР – электрокардиография высокого разрешения;

МГК – метод главных компонент.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

- ГОСТ 12.0.003-74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;
- ГОСТ 12.1.003–83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
- ГОСТ 12.1.045–84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля;
- ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;
- ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление;
- ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования;
- ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

Оглавление

| | |
|--|----|
| Введение | 10 |
| 1 Объект и методы исследования | 12 |
| 1.1 Структура кардиосигнала | 12 |
| 1.2 Проблема ВСС | 13 |
| 1.3 Постановка задачи | 14 |
| 1.4 ЭКГ ВР | 15 |
| 1.5 Существующие подходы ЭКГ ВР | 18 |
| 2 Методика решения задачи | 20 |
| 2.1 Формирование матрицы кардиосигналов..... | 20 |
| 2.2 Метод главных компонент..... | 21 |
| 2.3 Сингулярное разложение | 22 |
| 2.3.1 Сингулярные числа | 23 |
| 2.4 Определение набора главных компонент, обеспечивающего отделение шумовой компоненты | 24 |
| 2.5 Построение оператора, позволяющего определять кардиосигналы, несущие информацию о редких событиях сердечной деятельности | 27 |
| 2.5.1 Алгоритм определения кардиосигналов, несущих информацию о редких событиях сердечной деятельности | 28 |
| 2.6 Методика выделения из кардиосигнала низкочастотной, низкоамплитудной компоненты | 29 |
| 2.7 Частотный анализ выделенной низкочастотной, низкоамплитудной компоненты | 31 |
| 2.8 Выбор и описание программной среды..... | 32 |
| 2.8.1 Программная реализация алгоритма..... | 32 |
| 3 Тестирование разработанного алгоритма | 34 |
| 3.1 Подготовка исходных данных | 34 |
| 3.2 Определение набора главных компонент..... | 35 |
| 3.3 Определение кардиосигналов, несущих информацию о событиях редкой сердечной деятельности..... | 36 |
| 3.4 Выделение из кардиосигнала и последующее проведение частотного анализа низкочастотной, низкоамплитудной компоненты..... | 38 |
| 3.3 Анализ результатов тестирования..... | 41 |
| 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение | 44 |
| 4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения..... | 44 |
| 4.1.1 Оценка разработки по технологии QuaD..... | 44 |
| 4.1.2 SWOT-анализ | 46 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.2 | Организация и планирование научно-исследовательских работ | 48 |
| 4.2.1 | Структура работ в рамках научного исследования | 48 |
| 4.2.2 | Определение трудоемкости выполнения работ | 50 |
| 4.3 | Бюджет проекта | 53 |
| 4.3.1 | Материальные затраты | 54 |
| 4.3.2 | Расчет основной заработной платы | 55 |
| 4.3.3 | Расчет дополнительной заработной платы | 56 |
| 4.3.4 | Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)..... | 56 |
| 4.3.5 | Накладные расходы | 57 |
| 4.3.6 | Расчет общей себестоимости разработки | 57 |
| 4.4 | Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования | 58 |
| 5 | Социальная ответственность | 61 |
| | Аннотация..... | 61 |
| | Введение | 61 |
| 5.1 | Профессиональная социальная безопасность | 62 |
| 5.1.1 | Анализ выявленных вредных факторов..... | 63 |
| 5.1.1.1 | Микроклимат | 63 |
| 5.1.1.2 | Освещённость рабочей зоны | 64 |
| 5.1.1.3 | Шум..... | 67 |
| 5.1.1.4 | Электромагнитные излучения и напряженность электромагнитного поля..... | 68 |
| 5.1.2 | Анализ выявленных опасных факторов..... | 70 |
| 5.2 | Экологическая безопасность | 71 |
| 5.3 | Безопасность в чрезвычайных ситуациях | 72 |
| 5.3.1 | Анализ вероятных ЧС | 72 |
| 5.3.2 | Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС | 73 |
| 5.4 | Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности..... | 74 |
| 5.4.1 | Специальные правовые нормы трудового законодательства | 74 |
| 5.4.2 | Режим труда | 78 |
| 5.4.3 | Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны | 79 |
| | Заключение..... | 83 |
| | Список используемых источников | 85 |
| | Приложение А..... | 87 |

Введение

Сердечно-сосудистые заболевания, в частности, внезапная сердечная смерть (ВСС), являются основной причиной смертности в большинстве стран мира. Изучение причин и факторов развития ВСС является серьезной проблемой современной кардиологии.

Явлению ВСС предшествует развитие угрожающих жизни аритмий. Поэтому актуальной проблемой исследований в области кардиологии является качественная диагностика патологических состояний и опасных аритмий сердечной деятельности на основе электрокардиограммы.

Целью данной работы является разработка алгоритма анализа ортогональных компонент, выделяемых из набора однородных кардиосигналов.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

- изучить подходы к обработке кардиосигнала, в частности, разложение кардиосигнала на линейно независимые компоненты;
- разработать способ отбора компонент, которые формируют полезный сигнал;
- разработать методику выделения из набора однородных кардиосигналов тех кардиосигналов, которые предположительно несут информацию о наличии нарушения ритма сердечной деятельности;
- разработать методику обнаружения компоненты, свидетельствующей о нарушениях сердечного ритма;
- разработать методику анализа частотного состава обнаруженной компоненты на основе дискретного преобразования Фурье;
- разработать программное обеспечение реализации алгоритма;
- провести тестовые и контрольные расчёты.

Объектом исследования является кардиосигнал, характеризующий процесс заряда-разряда перикарда.

Предметом исследования являются линейно независимые компоненты, выделяемые из кардиосигнала, методы их определения и анализа.

Практическая новизна заключается в детальной разработке алгоритма обработки кардиозаписей, основанной на разложении кардиосигнала на линейно независимые компоненты.

Промежуточные результаты исследования были представлены на XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Технологии Microsoft в теории и практике программирования».

1 Объект и методы исследования

1.1 Структура кардиосигнала

Кардиосигнал – это кардиоимпульс электрической, магнитной или гидродинамической природы, подвергнувшийся модуляции по основным своим параметрам и несущий информацию от сердца во внутреннюю среду человека. Электрическое поле, вызванное электрической активностью сердца, пронизывает ткани организма и формирует разность потенциалов на поверхности тела, которая может быть измерена с помощью электродов, помещенных на определенные участки тела.

Кардиосигнал является сигналом нестационарной природы, который изменяется в зависимости от индивидуальных биологических свойств организма конкретного человека и состоит из зубцов, интервалов и сегментов, отражающих процесс распространения волны возбуждения по сердцу. Зубцы кардиосигнала – это выпуклости и вогнутости, отражаемые на графическом представлении кардиосигнала. Сегментом кардиосигнала называют отрезок прямой линии между двумя соседними зубцами. Структура кардиосигнала представлена на рисунке 1.1.

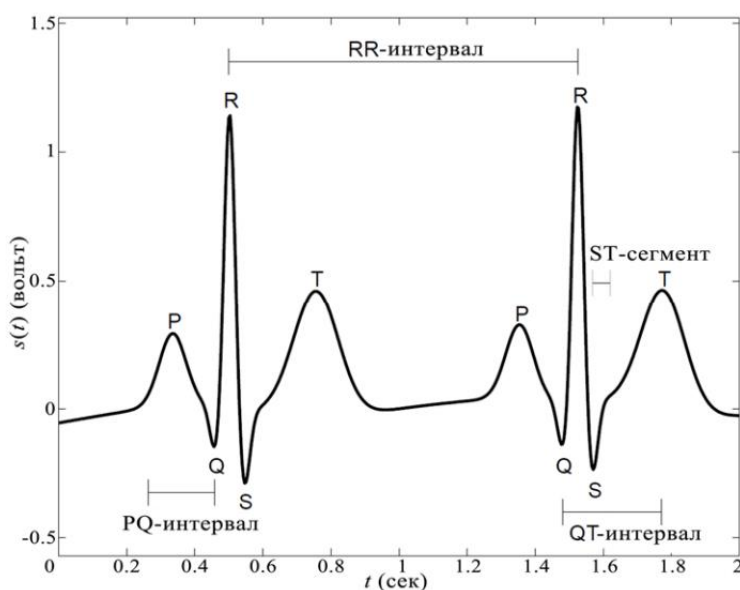


Рисунок 1.1 – Два кардиоцикла, с зубцами P, Q, R, S, T, интервалами RR, PQ, QT и сегментом ST

Ниже приведено краткое описание структурных элементов кардиосигнала:

- P–зубец – отражает сокращение предсердий сердца (предсердную деполяризацию);
- PQ–интервал – отражает прохождение импульса возбуждения по предсердиям сердца и атриовентрикулярному соединению до миокарда желудочков сердца;
- QRS–комплекс – характеризует сокращение желудочков сердца. Комплекс, который состоит из трех зубцов Q, R и S;
- QT–интервал – отражает сумму процессов деполяризации и последующей реполяризации миокарда желудочков сердца;
- ST–сегмент – отражает интервал времени, когда миокард желудочков сердца полностью охвачен возбуждением;
- T–зубец – представляют период времени расслабления миокарда желудочков сердца. В этом периоде сердечная мышца находится в покое;
- RR–интервал – отражает один полный сердечный цикл, одно сердцебиение [1].

1.2 Проблема ВСС

Изучение причин и факторов развития ВСС является одной из наиболее актуальных проблем кардиологии. Важность этой проблемы обусловлена прежде всего большой частотой внезапной смерти. Случаи внезапной смерти составляют около 70% от числа всех умерших от ишемической болезни сердца [2]. Большая значимость данной проблемы обусловлена еще и тем обстоятельством, что большинство внезапно умерших не имеют тяжелых, не совместимых с жизнью органических изменений сердца. Таким образом диагностика состояния, предшествующего явлению ВСС, часто затруднительна.

В проблеме ВСС наибольшее значение имеет вопрос об остановке кровообращения, связанной с аритмиями сердца. В связи с этим является

актуальной проблемой выделения из кардиосигнала составляющей, свидетельствующей о наличии аритмий в сердечной деятельности пациента. Исследованиями с целью выявления такой составляющей занимается развивающееся направление электрокардиографии (ЭКГ): так называемая электрокардиография высокого разрешения (ЭКГ ВР).

В настоящее время наиболее перспективными диагностическими признаками ВСС является наличие в электрокардиограмме так называемых поздних потенциалов желудочков (ППЖ) и поздних потенциалов предсердий (ППП), которые проявляются на QRS-комплексе в виде низкочастотных, низкоамплитудных сигналов. В соответствии с утверждением Симсона [3] их частота не превышает 50 Гц, а амплитуда порядка 20 мкВ.

1.3 Постановка задачи

В настоящей работе рассматривается модель кардиосигнала, согласно которой он может быть разложен на следующие информативные составляющие [4]:

$$x(t) = a_1 s_1(t) + a_2 s_2(t) + \eta(t), \quad (1.1)$$

где $s_1(t)$ – регулярный сигнал, формируемый процессом заряда-разряда перикарда, который обусловлен только физиологическими и электрофизическими характеристиками сердца пациента;

$s_2(t)$ – низкочастотная, низкоамплитудная компонента, которая несет важную информацию о функционировании сердца, являющаяся перспективной с точки зрения диагностики;

$\eta(t)$ – шумовая составляющая, обусловленная случайной помехой.

Требуется разработать алгоритм анализа ортогональных компонент, выделяемых из набора однородных кардиосигналов, позволяющий выделять из исходной кардиозаписи низкочастотную, низкоамплитудную компоненту $s_2(t)$.

Разрабатываемый алгоритм должен решать следующие задачи:

- определение набора ортогональных компонент, аппроксимирующего исходный кардиосигнал с оцениваемой точностью. Доля сигнала, не входящая в данный набор, рассматривается как шумовая составляющая $\eta(t)$;
- построение оператора, который позволяет обрабатывать большие наборы кардиосигналов с целью выделения из них тех кардиосигналов, которые несут информацию о редких событиях сердечной деятельности;
- обнаружение компоненты $s_2(t)$, наличие которой свидетельствует о нарушениях сердечного ритма;
- анализ частотного состава отдельных кардиосигналов на основе дискретного преобразования Фурье.

1.4 ЭКГ ВР

ЭКГ – самый распространенный вид исследования работы сердца. Этот метод диагностики заболеваний сердечно–сосудистой системы основан на измерении колебаний электрического потенциала сердечной мышцы. ЭКГ сердца проводится с помощью электрокардиографа, который регистрирует изменение сердечных электрических импульсов на бумажном носителе (лента электрокардиограммы) или мониторе в виде графика – кривой с зубцами.

Современное развитие компьютерных технологий дало возможность проводить анализ ЭКГ–сигнала на качественно более высоком уровне, что открыло новые возможности диагностики кардиологических патологий. Особенно актуально это при выявлении электрической нестабильности миокарда, диагностике угрожающих для жизни нарушений ритма и риска внезапной сердечной смерти.

Многие авторы подтверждают высокую значимость диагностических признаков, получаемых в рамках данного направления [5-6]. В настоящее время определены перспективы применения направления в клинической практике, проводятся исследования с целью оценки значимости ЭКГ ВР в

прогнозировании развития различных заболеваний с привлечением большого числа обследуемых.

Перспективное направление развития метода электрокардиографической диагностики связано с разработкой инструментальных средств измерения микропотенциалов – низкоамплитудных составляющих электрокардиосигнала. Результаты экспериментальных исследований физиологии сердца, проведенных с использованием инвазивных средств, доказывают, что часто патологические изменения функционального состояния миокарда отражаются в тонкой структуре информационного процесса даже до проявления соответствующих клинических симптомов заболевания. Имеются данные о причинно-следственной связи микропотенциалов некоторых видов с развитием опасных для жизни нарушений ритма сердца. Появление надежного инструмента анализа низкоамплитудных компонентов ЭКС позволяет продвинуться в решении ряда актуальных задач клинической кардиологии, включающих

- диагностику заболеваний сердца на ранних стадиях развития;
- оперативный контроль эффективности терапевтических процедур;
- прогнозирование динамики развития заболеваний [7].

Классический электрокардиографический метод с различными вариантами отведений и интерпретацией результатов (диагностикой), базирующейся на принципах врачебной логики и даваемой врачом или с помощью ЭВМ, принято относить к ЭКГ-системам 1-го и 2-го поколения. Для обозначения новых диагностических систем, базирующихся на новых методах сбора, обработки и изображения ЭКГ-сигнала, используется понятие электрокардиографии 3-го и 4-го поколения [5]. Эти современные ЭКГ-системы являются отражением достигнутых больших успехов методов математического описания и обработки измеренных данных с использованием в анализе более сложных и содержательных характеристик и параметров, новым графическим представлением полученных результатов. Среди них в первую очередь необходимо выделить электрокардиографическое картирование и ЭКГ ВР.

ЭКГ ВР – метод регистрации ЭКГ и её низкочастотных, низкоамплитудных потенциалов с применением методов специальной обработки. Основой этого метода является компьютерное усиление, усреднение и фильтрация различных участков электрокардиограммы с их последующей математической обработкой. Все это позволяет выделить и анализировать низкоамплитудные сигналы, недоступные для анализа при использовании традиционных методов регистрации ЭКГ и содержащие важную диагностическую информацию.

Одна из важнейших областей применения ЭКГ ВР – выявление потенциалов замедленной деполяризации миокарда: поздних потенциалов желудочков и предсердий.

Также ЭКГ ВР позволяет выделить и исключить компоненту шума. Источниками шумов являются электромиографические потенциалы скелетных мышц, артефакты взаимодействия электродов с прилежащей тканью, электронный шум усилителей и фоновый (сетевой) шум. В современных технических средствах при соответствующем заземлении последние два источника шума практически незначительны по сравнению с физиологическими шумами.

Повышенный уровень стохастических помех в стандартной электрокардиограмме затрудняет проведение непосредственных измерений микропотенциалов при любом масштабе ее отображения, в том числе на экране компьютера. Поэтому, выделение кардиосигнала из зашумленной кардиограммы до сих пор является важнейшей задачей при проведении электрокардиологических исследований. При этом распознавание информативных участков электрокардиосигнала, конфигурация и временное положение которых несут диагностическую информацию, может быть выполнено с использованием современных методов цифровой обработки сигналов.

Подводя итог, можно отметить, что ЭКГ ВР в своем развитии преследует следующие основные цели [8]:

- исключение шумовой компоненты из кардиосигнала для лучшей интерпретации его человеком или для дальнейшей компьютерной обработки;
- выявление низкочастотной, низкоамплитудной компоненты, несущей важную диагностическую информацию, и ее компьютерное усиление;
- поддержка принятия диагностических решений или автоматическая интерпретация ЭКГ.

1.5 Существующие подходы ЭКГ ВР

Как было сказано выше, ЭКГ ВР развивается для решения задач исключения шума из кардиозаписи и дальнейшего выделения из кардиосигнала низкочастотной, низкоамплитудной компоненты, которая является очень перспективной с точки зрения диагностики внезапной сердечной смерти. В настоящее время в литературе сформировалось два подхода к решению задачи разложению кардиосигнала на информативные составляющие.

Первый подход предложен Симсоном [3] и развивается школой американских кардиологов. Идея данного подхода заключается в трех последовательных шагах:

1. накопления большого набора кардиосигналов (300-500) и последующем вычислении кардиосигнала, среднего для этой последовательности. Предполагается, что эта процедура устраняет случайные шумы в кардиозаписи. Накопление большого набора кардиосигналов необходимо, поскольку не каждый кардиосигнал несет информацию о наличии патологии в функционировании сердца;

2. полосовой фильтрации полученного усредненного кардиосигнала в интервале 25-250 Гц, позволяющей выделить низкочастотную, низкоамплитудную компоненту;

3. измерении некоторого набора показателей на выделенном таким образом сигнале.

Альтернативный подход к решению поставленной задачи электрокардиографии высокого разрешения основан на разложении кардиосигнала на конечное множество линейно независимых составляющих. Далее, определяется набор этих составляющих, обеспечивающий аппроксимацию исходного кардиосигнала с оцененной точностью.

В данной работе использовался второй подход, основанный на разложении кардиосигнала на линейно независимые составляющие.

2 Методика решения задачи

2.1 Формирование матрицы кардиосигналов

Исходная кардиограмма представляет собой последовательность значений потенциалов сердца, записанная на определенной частоте опроса. На рисунке 2.1 представлен пример отдельного кардиосигнала, записанного с частотой опроса порядка 1828 Гц.

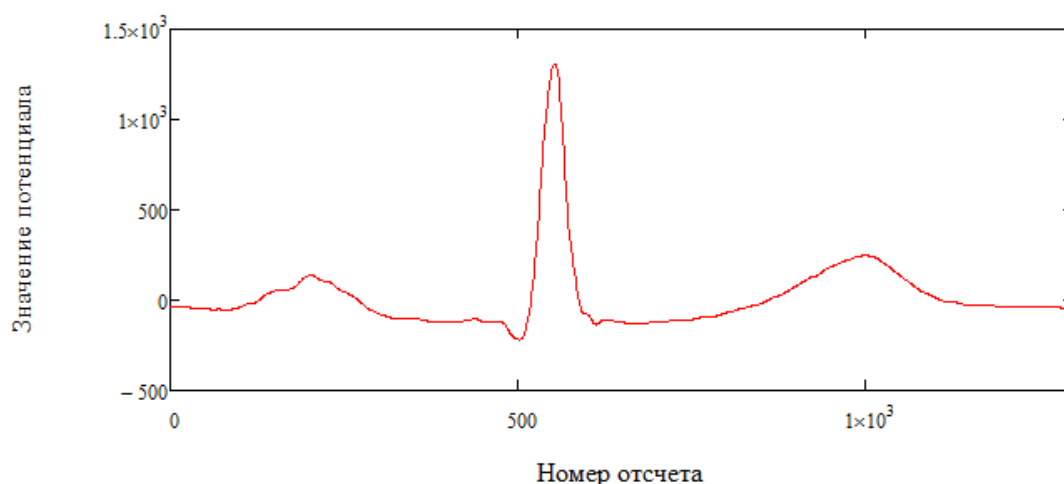


Рисунок 2.1 – Кардиосигнала, записанный с частотой опроса порядка 1828 Гц

Поскольку кардиосигналы имеют квазипериодическую природу, кардиограмма можно представить в виде матрицы, в i -м столбце которой записан i -й зарегистрированный кардиосигнал. Методика подготовки и формирования матрицы из кардиограммы разработана и подробно описана в дипломной работе Демидовой О.О. Ниже приведено краткое описание методики формирования матрицы кардиосигналов.

Метод формирования матрицы кардиосигналов включает следующую последовательность шагов:

1. для каждого кардиосигнала производится поиск наибольшего значения потенциала, которому соответствует положение максимума R-зубца;
2. поскольку регистрирующая аппаратура обладает долей неточности, наблюдаются сильные флуктуации значений потенциала в окрестности максимумов R-зубцов, что затрудняет их однозначное определение. Для

уточнения положения максимума R-зубца производится устранение таких флуктуаций посредством сглаживания окрестности максимума R-зубца каждого кардиосигнала с использованием аппроксимирующего полинома вида:

$$P_n(x_i) = a_0 + a_1x_i + a_2x_i^2 + \dots + a_nx_i^n = f(x_i), i = 0, 1, \dots, n. \quad (2.1)$$

Коэффициенты полинома находятся с помощью определителя Вандермонда.

После выполнения сглаживания окрестности максимума R-зубца каждого кардиосигнала производится определение положения максимумов R-зубцов.

3. Выделяется информативная часть каждого кардиосигнала таким образом, чтобы в нее включался T-зубец необходимого кардиосигнала, и не включался R-зубец следующего кардиосигнала. Это позволяет описать кардиосигнал без потери важной информации. Как видно из рисунка 2.1, при частоте опроса порядка 1828 Гц информативная часть кардиосигнала, как правило, составляет 1400-1500 отсчетов: 500 отсчетов до положения максимума R-зубца и 900-1000 отсчетов после.

4. В i -й столбец матрицы записывается i -й кардиосигнал исходной кардиозаписи так, чтобы положению максимума R-зубца, найденному для кардиозаписи с сглаженными окрестностями R-зубцов, соответствовала 500-я строка. В результате формируется прямоугольная матрица размерности $m \times n$, где m – число значений потенциалов, попавших в участок выбранной длительности, n – число кардиосигналов в кардиозаписи.

2.2 Метод главных компонент

Широкое применение в подходе ЭКГ ВР, при котором сигнал разлагается на ортогональные составляющие, получил метод главных компонент (МГК) [9-10].

В основе МГК лежит скелетное разложение матрицы, т.е. представление прямоугольной матрицы $m \times n$ ранга k ($k \leq \min(m,n)$) в виде произведения двух матриц:

$$A = SC, \quad (2.2)$$

где A – исходная матрица ($\text{rk}(A)=k$),

S – матрица полного столбцового ранга размера $m \times k$;

C – матрица полного строкового ранга размера $k \times n$.

Как видно из выражения (2.2), каждый столбец матрицы A может быть представлен в виде линейной комбинации столбцов матрицы S , где коэффициентами линейной комбинации являются элементы соответствующего столбца матрицы C . Столбцы матрицы S называются главными компонентами. Они образуют базисный набор матрицы A .

Вычисление главных компонент может быть выполнено с помощью сингулярного разложения матрицы данных.

2.3 Сингулярное разложение

Сингулярное разложение — это разложение прямоугольной вещественной или комплексной матрицы, имеющее широкое применение, в силу своей наглядной геометрической интерпретации, при решении многих прикладных задач.

Можно отметить, что в основе сингулярного разложения лежат следующие допущения:

- допущение о том, что размерность данных может быть эффективно понижена путем линейного преобразования;
- допущение о том, что больше всего информации несут те направления, вдоль которых изменчивость входных данных максимальна.

Сингулярное разложение представляет из себя факторизацию матрицы M размера $m \times n$ следующего вида:

$$M = U\lambda V^T, \quad (2.3)$$

где U – унитарная матрица размера $m \times n$. Столбцы матрицы U называются левыми сингулярными векторами и всегда ортогональны друг другу;

λ – квадратная матрица порядка n , у которой элементы, лежащие на главной диагонали — это сингулярные числа (а все элементы, не лежащие на главной диагонали, являются нулевыми);

V^T – транспонированная (в случае вещественной матрицы M) матрица V – унитарная матрица размера $n \times n$. Столбцы матрицы V называются правыми сингулярными векторами и всегда ортогональны друг другу.

Разложение вида (2.3) является единственным.

Связь МГК с сингулярным разложением можно обозначить следующим образом:

$$S = U\lambda, \quad (2.4)$$

$$C = V^T. \quad (2.5)$$

2.3.1 Сингулярные числа

Неотрицательное вещественное число λ называется сингулярным числом матрицы M , тогда и только тогда, когда существуют два вектора единичной длины $u \in K^m$ и $v \in K^m$ такие, что:

$$Mv = \lambda u \text{ и } M^T u = \lambda v, \quad (2.6)$$

где u – левый сингулярный вектор, соответствующий сингулярному числу λ ;

v – правый сингулярный вектор, соответствующий сингулярному числу λ .

Сингулярные числа показывают долю изменчивости исходного набора вдоль соответствующей главной компоненты, другими словами, какой вклад делает соответствующая главная компонента в общую изменчивость исходного набора данных.

Пусть дан исходный набор векторов X линейного пространства L^k , для которого получено сингулярное разложение. Упорядочивание компонент по невозрастанию соответствующих им сингулярных чисел позволяет перейти к базису пространства L^m ($m \leq k$), такому что: первая компонента (первый вектор

базиса) соответствует направлению, вдоль которого изменчивость исходного набора данных максимальна. Направление второй компоненты (второго вектора базиса) выбрано таким образом, чтобы изменчивость исходного набора данных вдоль него была максимальной при условии ортогональности первому вектору базиса. Аналогично определяются остальные векторы базиса. В результате, направления векторов базиса выбраны так, чтобы максимизировать изменчивость исходного набора вдоль первых компонент, называемых главными компонентами (или главными осями). Получается, что основная изменчивость векторов исходного набора векторов представлена несколькими первыми компонентами.

Такое преобразование позволяет перейти к пространству меньшей размерности путем исключения координат, соответствующих направлениям с минимальной изменчивостью. Предполагается, что если необходимо отказаться от одного из базисных векторов, то лучше, если это будет тот вектор, вдоль которого набор входных данных меняется менее значительно.

2.4 Определение набора главных компонент, обеспечивающего отделение шумовой компоненты

Основным источником случайного шума в кардиозаписи являются погрешности, связанные с системой регистрации кардиопотенциала, поэтому все компоненты сингулярного разложения, значимо не превышающие по норме эту погрешность, можно считать шумами.

Важной проблемой является определение правильного числа главных компонент. Если это число слишком мало, то описание данных будет неполным. С другой стороны, избыточное число главных компонент приводит к переоценке, т.е. к ситуации, когда моделируется шум, а не содержательная информация. К сожалению, на данный момент не разработано эффективного формализованного критерия определения необходимого числа главных компонент, который учитывал бы особенности объекта настоящего исследования.

В общем случае для выбора необходимого числа главных компонент используется график, на котором изображаются сингулярные числа в зависимости от номера члена сингулярного разложения [11]. Пример представлен на рисунке 2.2.

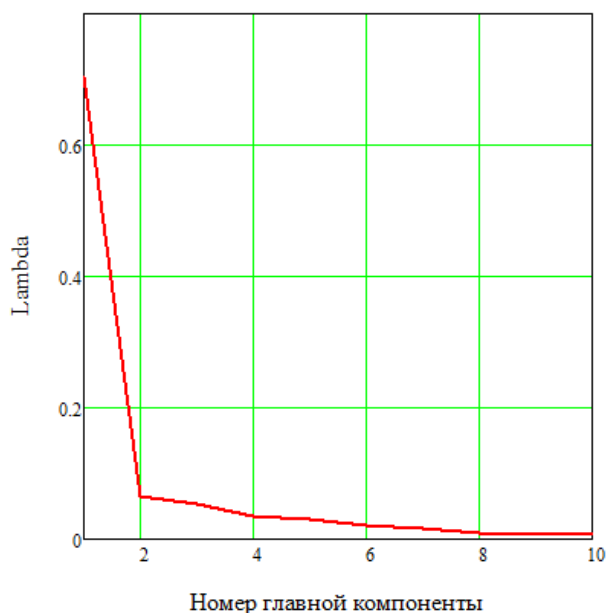


Рисунок 2.2 – График значений сингулярных чисел

Из рисунка видно, что для числа компонент равного двум происходит резкое изменение формы графика – излом. Вклад в общую изменчивость, вносимый компонентами, начиная с четвертой асимптотически приближается к нулю, он значительно меньший, чем вклад первых трех компонент. Поэтому целесообразно выбрать две или три главные компоненты для описания исходного набора данных без потери информативности.

Другим полезным инструментом является график, на котором описываемая доля изменчивости изображается в зависимости от числа компонент, рассчитываемая по следующей формуле:

$$D = \frac{\sum_{i=0}^k \lambda_i}{\sum_{i=0}^n \lambda_i}, \quad (2.7)$$

где k – число выбранных членов сингулярного разложения;

n – число всех членов сингулярного разложения.

Пример такого графика приведен на рисунке 2.3.

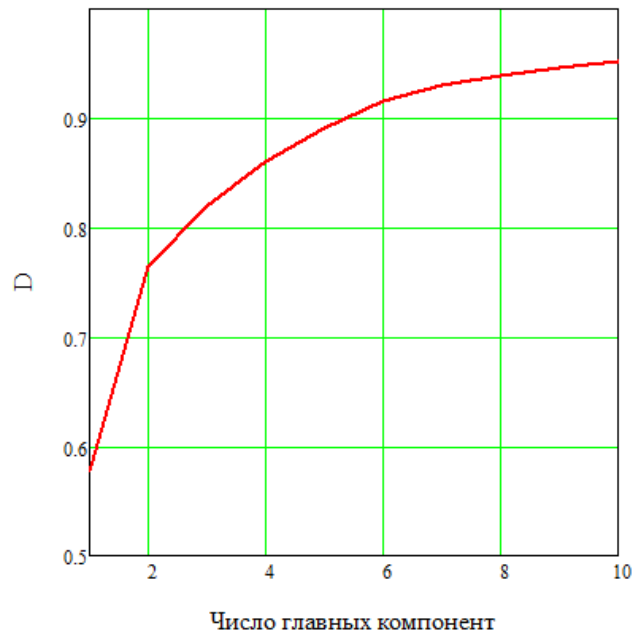


Рисунок 2.3 – График доли изменчивости в зависимости от выбранных членов сингулярного разложения

Из этого графика видно, что два члена сингулярного разложения описывают около 77% изменчивости исходных данных.

Определив необходимое число главных компонент, можно аппроксимировать исходный набор данных, представленный в виде матрицы, с оцениваемой точностью. Пусть k – число выбранных главных компонент. Исходная матрица кардиосигналов S аппроксимируется следующей линейной комбинацией:

$$S = U^k \lambda^k V^{kT}, \quad (2.8)$$

где U^k – матрица левых сингулярных векторов U , в которой выбираются k первых столбцов;

λ^k – матрица сингулярных чисел λ , в которой выбираются k первых строк и столбцов;

V^{kT} – транспонированная матрица правых сингулярных векторов V , в которой выбираются k первых столбцов.

2.5 Построение оператора, позволяющего определять кардиосигналы, несущие информацию о редких событиях сердечной деятельности

В кардиозаписи встречаются кардиосигналы, форма которых отличается от формы подавляющего большинства кардиосигналов. Предположительно такие кардиосигналы несут информацию о редких событиях сердечной деятельности и не принадлежат линейному пространству, натянутому на выбранные главные компоненты как на координатные оси. Такие кардиосигналы потенциально представляют интерес с точки зрения диагностики различных нарушений сердечной деятельности. В связи с этим возникает вопрос о выделении таких кардиосигналов из кардиозаписи. Особенно актуальна данная проблема при обработке результатов теста Холтера, заключающегося в непрерывной регистрации ЭКГ в течение нескольких часов с помощью портативного устройства. В результате теста Холтера накапливается очень большое количество кардиосигналов.

Критерием принадлежности кардиосигнала к редкому событию сердечной деятельности является норма его компоненты, ортогональной пространству выбранных главных компонент. Необходимо построить оператор, который позволяет обрабатывать большие наборы кардиосигналов и выделять из них кардиосигналы, несущие информацию о редких событиях сердечной деятельности.

Пусть S – матрица кардиосигналов размера $m \times n$, в каждом столбце которой записан отдельный кардиосигнал S_i , где $i = 1..n$. Сингулярное разложение этой матрицы и последующее определение необходимого набора главных компонент позволяет представить каждый ее столбец в виде линейной комбинации эталонных векторов:

$$S_i = U^k a, \quad (2.9)$$

где k – число выбранных главных компонент;

U^k – матрица левых сингулярных векторов U , в которой выбираются k первых столбца;

a – некоторый множитель.

Умножим левую и правую части уравнения (2.8) на U^{kT} . Поскольку матрица U^k является унитарной, произведение $U^{kT}U^k$ дает в результате единичную матрицу I , следовательно:

$$U^{kT}S_i = a. \quad (2.10)$$

Подставим полученное выражение для множителя a в формулу (2.9):

$$S_i = U^k U^{kT} S_i. \quad (2.11)$$

Норма компоненты кардиосигнала, ортогональной пространству выбранных главных компонент, имеет вид:

$$\|S_i - U^k U^{kT} S_i\| = \|(I - U^k U^{kT})S_i\|. \quad (2.12)$$

Таким образом, построен оператор-проектор:

$$p = I - U^k U^{kT}, \quad (2.13)$$

действие которого на вектор кардиосигнала выделяет из вектора компоненту, ортогональную пространству главных компонент.

Норма компоненты, ортогональной пространству главных компонент, может быть вычислена как:

$$\|(I - U^k U^{kT})S_i\| = \sqrt{S_i^T (I - U^k U^{kT})^T (I - U^k U^{kT}) S_i}. \quad (2.14)$$

Учитывая симметричность и идемпотентность оператора p :

$$\|(I - U^k U^{kT})S_i\| = \sqrt{S_i^T (I - U^k U^{kT}) S_i}. \quad (2.15)$$

2.5.1 Алгоритм определения кардиосигналов, несущих информацию о редких событиях сердечной деятельности

Алгоритм определения кардиосигналов, несущих информацию о редких событиях сердечной деятельности с использованием оператора–проектора, описанного в предыдущем пункте, можно разбить на два этапа.

На первом этапе:

1. строится сингулярное разложение исходной матрицы кардиосигналов S ;
2. определяется необходимое число главных компонент k . Способ определения необходимого числа главных компонент описан в пункте 2.4;
3. из матрицы левых сингулярных векторов U выбираются k первых столбцов и строится оператор-проектор по формуле (2.13);
4. для каждого кардиосигнала вычисляется норма компоненты, ортогональной пространству, натянутому на главные компоненты, по формуле (2.15).

На втором этапе:

1. из исходной матрицы кардиосигналов выбираются те кардиосигналы, для которых норма разности компоненты, ортогональной пространству главных компонент, минимальна. Из таких кардиосигналов составляется новая матрица, строится ее сингулярное разложение;
2. повторяются пункты 2-4 первого этапа.

Действия второго этапа позволяют уточнить положение векторов системы главных компонент.

Норма, превышающая некоторое заданное значение, предположительно свидетельствует о том, что кардиосигнал несет информацию о редком событии сердечной деятельности.

2.6 Методика выделения из кардиосигнала низкочастотной, низкоамплитудной компоненты

Как было сказано в пункте 2.4, матрицу исходных данных с оцениваемой долей аппроксимацией можно представить, как линейную комбинацию k выбранных главных компонент по формуле (2.7).

Предполагается, что информацию о регулярном сигнале сердца, обусловленном только физиологическими и электрофизическими

характеристиками сердца пациента, несет только первая главная компонента [12]:

$$a_1 s_1 = U_1 \lambda_1 V_1^T, \quad (2.16)$$

где U_1 – первый столбец матрицы левых сингулярных векторов U ;

λ_1 – первый элемент матрицы сингулярных чисел λ ;

V_1^T – первый столбец транспонированной матрицы правых сингулярных векторов V .

Таким образом, исходя из формулы (1.1), низкочастотную низкоамплитудную компоненту, несущую важную информацию о функционировании сердца, можно выразить следующим образом:

$$a_2 s_2 = U_k \lambda_k v_i, \quad (2.17)$$

где U_k – матрица, образованная левыми сингулярными векторами со второго по k -й;

λ_i – диагональная матрица соответствующих сингулярных чисел;

v_i – столбец транспонированной матрицы правых сингулярных векторов V , соответствующий данному кардиосокращению.

Таким образом, искомый вектор s_2 может быть представлен в виде линейной комбинации столбцов матрицы U_k .

Выделенная компонента потенциально имеет важное значения с точки зрения диагностики нарушений ритма сердечной деятельности и, как следствие, ранней диагностики риска ВСС. В дальнейших исследованиях данная компонента должна подвергнуться тщательному анализу.

В следующем пункте описан способ проведения частотного анализа выделенной компоненты с целью определения ее частотной полосы.

2.7 Частотный анализ выделенной низкочастотной, низкоамплитудной компоненты

Одним из основных инструментов частотного анализа дискретного сигнала является дискретное преобразование Фурье.

Как известно, существуют два способа представления сигнала – один из них основан на математическом представлении сигнала как функции времени $x=f(t)$, где независимая переменная t – время, и второй в виде $X=F(\omega)$, где независимая переменная ω – частота. При преобразовании Фурье происходит преобразование из первой формы представления сигнала во вторую.

Прямое дискретное преобразование Фурье производится по формуле:

$$X(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(nT) e^{-\frac{i2\pi nk}{N}} = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} x(nT) W^{nk}, \quad (2.18)$$

где $X(k)$ – комплексный спектр;

T – длительность сигнала;

n – номер отсчета дискретного сигнала, $n=0,1,2,\dots,N-1$;

k – номер гармоники сигнала, $k=0,1,2,\dots,N-1$;

W – ядро интегрального преобразования.

В результате применения дискретного преобразования Фурье получается комплексный спектр сигнала, для которого можно вычислить амплитудно-частотную характеристику (АЧХ):

$$C(k) = |X(k)| = \sqrt{\operatorname{Re}^2(X(k)) + \operatorname{Im}^2(X(k))}, \quad (2.19)$$

и фазово-частотную характеристику (ФЧХ):

$$\phi(k) = \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{Im}(X(k))}{\operatorname{Re}(X(k))}. \quad (2.20)$$

Для низкочастотной, низкоамплитудной компоненты кардиосигналов вычисляются АЧХ и ФЧХ.

2.8 Выбор и описание программной среды

Для реализации задачи был выбран MathCAD, т.к. это мощная, но в то же время простая и универсальная среда. MathCAD имеет множество встроенных функций, в том числе функцию сингулярного разложения матрицы и быстрого преобразования Фурье, которые необходимы для реализации разработанного алгоритма. Помимо этого, пакет MathCAD обладает удобным инструментом визуального сопровождения, позволяет быстро строить различные графики и гистограммы, что часто использовалось в ВКР.

MathCAD – это приложение для математических и инженерных вычислений, промышленный стандарт проведения, распространения и хранения расчетов. Вычислительные средства MathCAD обеспечивают расчеты по сложным математическим формулам, включая численные методы и аналитические преобразования. MathCAD имеет большой набор встроенных математических функций, позволяет вычислять ряды, суммы, произведения, интегралы, производные, работать с комплексными числами, решать линейные и нелинейные уравнения, а также дифференциальные уравнения и системы, проводить минимизацию и максимизацию функций, выполнять векторные и матричные операции, статистический анализ и т.д. Работа осуществляется в пределах рабочего листа, на котором уравнения и выражения отображаются графически, в противовес текстовой записи в языках программирования. С помощью MathCAD инженеры могут документировать все вычисления в процессе их проведения.

2.8.1 Программная реализация алгоритма

Для реализации алгоритма решения задачи были использованы встроенные функции сингулярного разложения и быстрого преобразования Фурье.

Пусть X – действительная матрица. Функция $svds(X)$ вычисляет вектор, состоящий из сингулярных чисел. Функция $svds(X)$ возвращает в результате

составной массив, состоящий из двух вложенных массивов, соответствующих матрицам U и V . Для выделения матриц U и V используется операция `submatrix`.

Для проведения быстрого преобразования Фурье была использована встроенная функция `fft`. Эта функция дискретна: она берет в качестве аргументов и возвращает векторы и матрицы. Она не может быть использована с другими функциями. Функцию `fft` можно применять, если выполнены два условия:

- аргументы вещественны;
- вектор данных имеет 2^m элементов.

Первое условие необходимо, потому что функция `fft` используют тот факт, что для вещественных данных вторая половина преобразования Фурье является комплексно сопряженной с первой, MathCAD отбрасывает вторую половину вектора–результата. Это сохраняет время и память при вычислениях. Второе условие требуется, потому что функция `fft` использует высоко эффективный алгоритм быстрого преобразования Фурье. Для этого вектор аргумента, используемого с `fft`, должен иметь 2^m элементов. В случае, если вектор аргумента имеет отличное от 2^m число элементов, он либо сокращается, либо дополняется нулями так, что бы удовлетворять данному условию.

Также для реализации алгоритма были разработаны:

- процедура обработки набора кардиосигналов с целью определения кардиосигналов, которые несут информацию о редких событиях сердечной деятельности. Входные параметры процедуры: число выбранных главных компонент k , матрица левых сингулярных векторов U , матрица кардиосигналов X ;

- процедура формирования матрицы, состоящей только из кардиосигналов с малой нормой компоненты, ортогональной пространству главных компонент. Входные параметры процедуры: вектор-столбец значений норм ортогональной компоненты, матрица кардиосигналов X , число удаляемых кардиосигналов.

Скриншоты рабочего листа MathCAD программной реализации алгоритма представлены в приложении А.

3 Тестирование разработанного алгоритма

Работа алгоритма была протестирована на нескольких кардиозаписях реальных пациентов. Ниже подробно представлены результаты тестирования алгоритма для одной из кардиозаписей.

3.1 Подготовка исходных данных

Исходными данными является кардиозапись пациента, записанная на частоте опроса порядка 1828 Гц. Кардиозапись состоит из 100 кардосигналов. Ниже представлен график кардиозаписи и график отдельного кардосигнала.

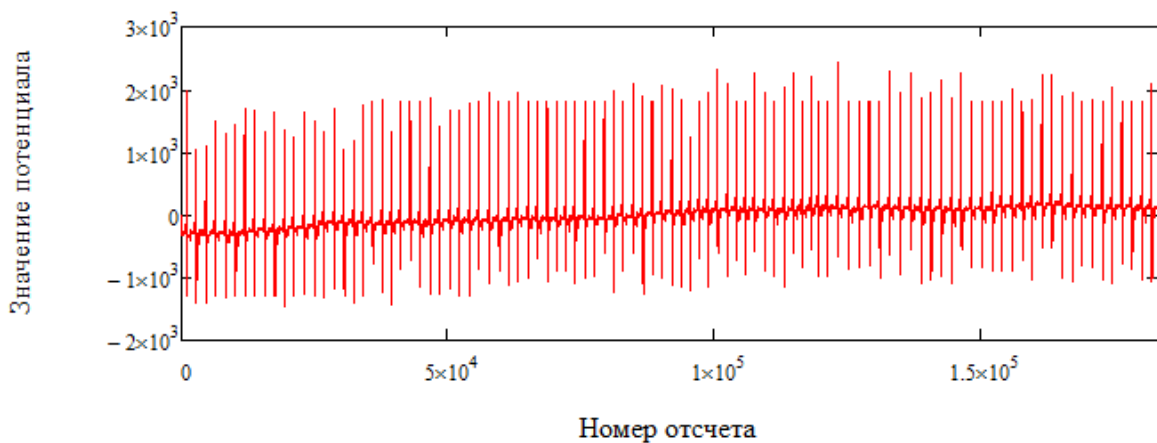


Рисунок 3.1 – График кардиозаписи

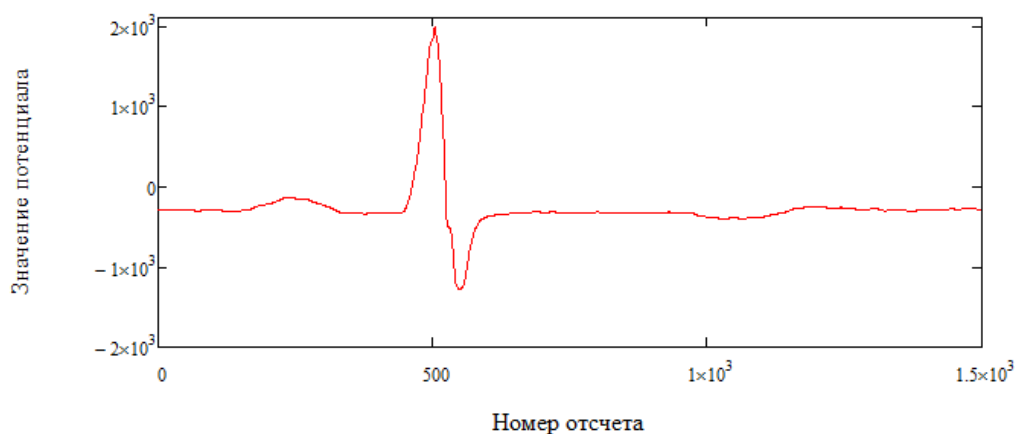


Рисунок 3.2 – График отдельного кардосигнала

По методике, описанной в пункте 2.1, из данной кардиозаписи была сформирована матрица размера 1501×100 . Ниже представлен фрагмент матрицы. 500-й строке соответствует положение максимума R-зубца.

| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|-----|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 497 | -192.913 | -191.395 | -186.343 | -179.31 | -188.789 | -187.237 |
| 498 | -195.067 | -192.38 | -185.695 | -181.37 | -191.811 | -188.005 |
| 499 | -196.614 | -192.664 | -184.618 | -183.075 | -194.578 | -188.261 |
| 500 | -197.617 | -192.367 | -183.319 | -184.392 | -197.038 | -188.159 |
| 501 | -197.99 | -191.597 | -181.859 | -185.334 | -199.1 | -187.72 |
| 502 | -197.692 | -190.402 | -180.252 | -185.87 | -200.776 | -186.975 |
| 503 | -196.588 | -188.681 | -178.416 | -185.972 | -201.841 | -185.83 |
| 504 | -194.452 | -186.466 | -176.231 | -185.436 | -202.113 | -184.195 |
| 505 | -191.254 | -183.6 | -173.581 | -184.161 | -201.488 | ... |

Рисунок 3.3 – Фрагмент матрицы кардиоимпульсов

3.2 Определение набора главных компонент

Матрица кардиосигналов была подвергнута сингулярному разложению с помощью встроенной функции пакета MathCAD. В результате получены матрица сингулярных чисел λ , матрица левых сингулярных векторов U и матрица правых сингулярных векторов V .

На рисунке 3.4 представлен график значений сингулярных чисел λ и график доли изменчивости в зависимости от выбранных членов сингулярного разложения, рассчитанной по формуле (2.7).

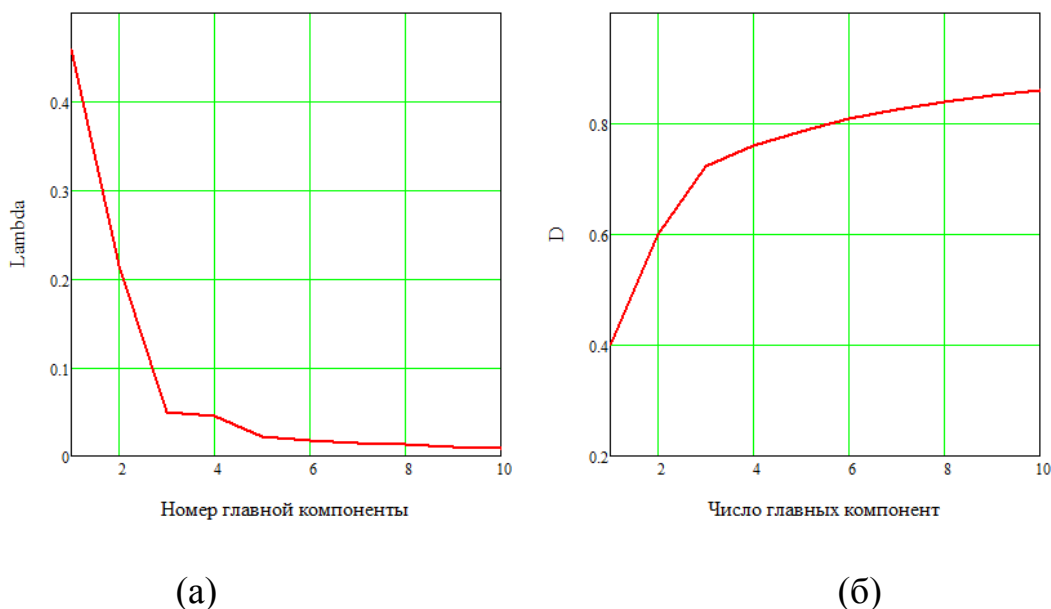


Рисунок 3.4 – Графики значений сингулярных чисел (а) и доли изменчивости в зависимости от выбранных членов сингулярного разложения (б) исходной матрицы кардиосигналов

Целесообразно выбрать четыре главные компоненты для описания исходных данных, поскольку вклад главных компонент, начиная с пятой, значительно меньше вклада первых четырех главных компонент. Первые четыре главные компоненты описывают порядка 76% общей изменчивости исходных данных.

3.3 Определение кардиосигналов, несущих информацию о событиях редкой сердечной деятельности

Согласно алгоритму, описанному в пункте 2.5.1, вычислены нормы компоненты ортогональной пространству выбранных главных компонент для каждого кардиосигнала. Гистограмма норм приведена на рисунке 3.6.

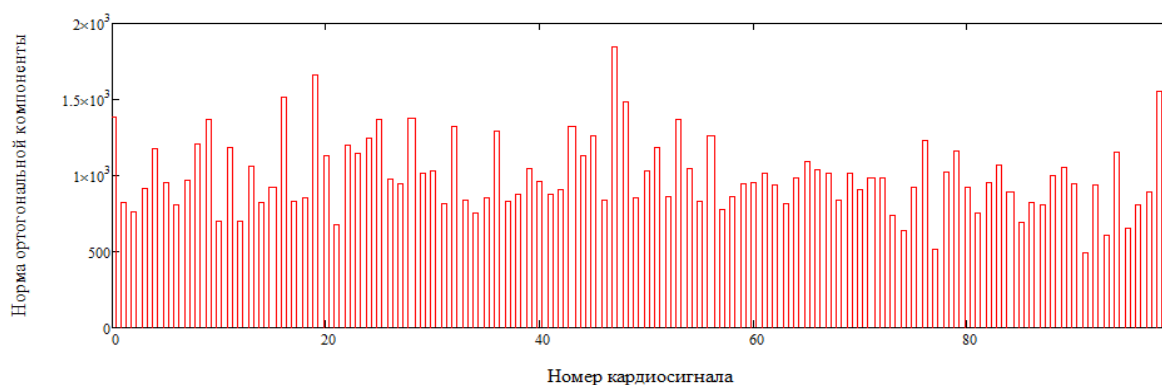


Рисунок 3.6 – Гистограмма норм компоненты, ортогональной пространству главных компонент

Из рисунка 3.6 видно, что подавляющее большинство сигналов имеет норму ортогональной компоненты порядка 700-800. В то же время, в этой выборке имеется некоторое количество сигналов, норма ортогональной компоненты которых существенно превышает 1000. Такие сигналы будем считать соответствующими редким событиям сердечной деятельности.

Далее была сформирована новая матрица размера 1501×60 , состоящая только из кардиосигналов с относительно малой нормой разности компоненты, ортогональной пространству главных компонент. График значений сингулярных чисел λ данной матрицы и график доли изменчивости в зависимости от выбранных членов сингулярного разложения представлен на рисунке 3.7.

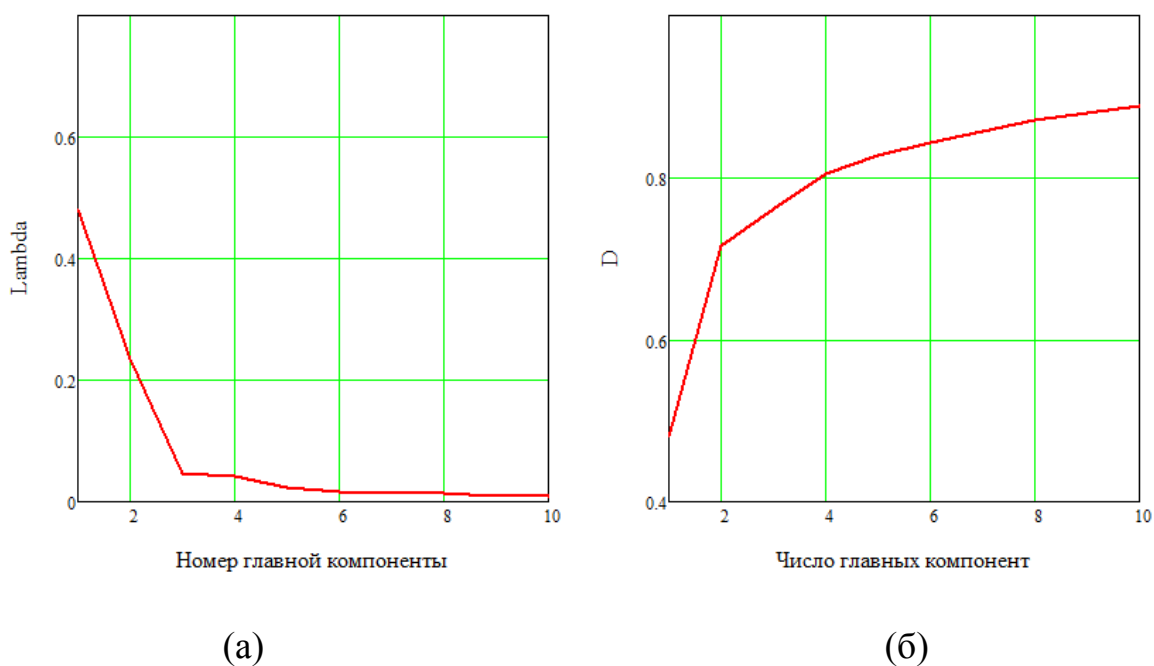


Рисунок 3.7 – Графики значений сингулярных чисел (а) и доли изменчивости в зависимости от выбранных членов сингулярного разложения (б) матрицы, состоящей из кардиосигналов с малой нормой компоненты, ортогональной пространству главных компонент

Для аппроксимации матрицы без потери информативности целесообразно использовать первые четыре главные компоненты, которые описывают порядка 80% общей изменчивости исходного набора данных. Таким образом, доля изменчивости, описываемая первыми четырьмя главными компонентами увеличилась

Ниже приведена гистограмма норм компоненты, ортогональной пространству главных компонент новой матрицы, найденная для каждого кардиосигнала исходной матрицы.

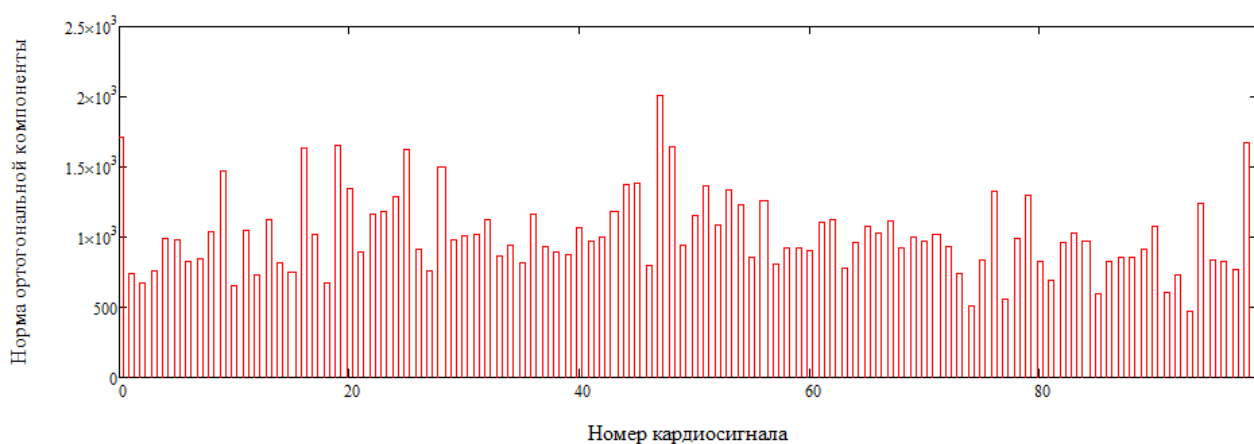


Рисунок 3.8 – График норм компоненты, ортогональной пространству главных компонент новой матрицы, для каждого кардиосигнала исходной матрицы

Из рисунка 3.8 можно сделать вывод о том, какие кардиосигналы потенциально несут информацию о нарушении ритма сердечной деятельности. Эти графики в дальнейшем будут использоваться для анализа специалистами-кардиологами.

3.4 Выделение из кардиосигнала и последующее проведение частотного анализа низкочастотной, низкоамплитудной компоненты

Из исходной матрицы была выделена низкочастотная, низкоамплитудная компонента согласно методике, описанной в пункте 2.6.

Ниже приведены графики кардиосигналов и их низкочастотной, низкоамплитудной компоненты. Для построения графиков использовались кардиосигнал с номером 74, обладающий малой нормой компоненты, ортогональной пространству главных компонент, и кардиосигнал с номером 47, обладающий большой нормой компоненты, ортогональной пространству главных компонент.

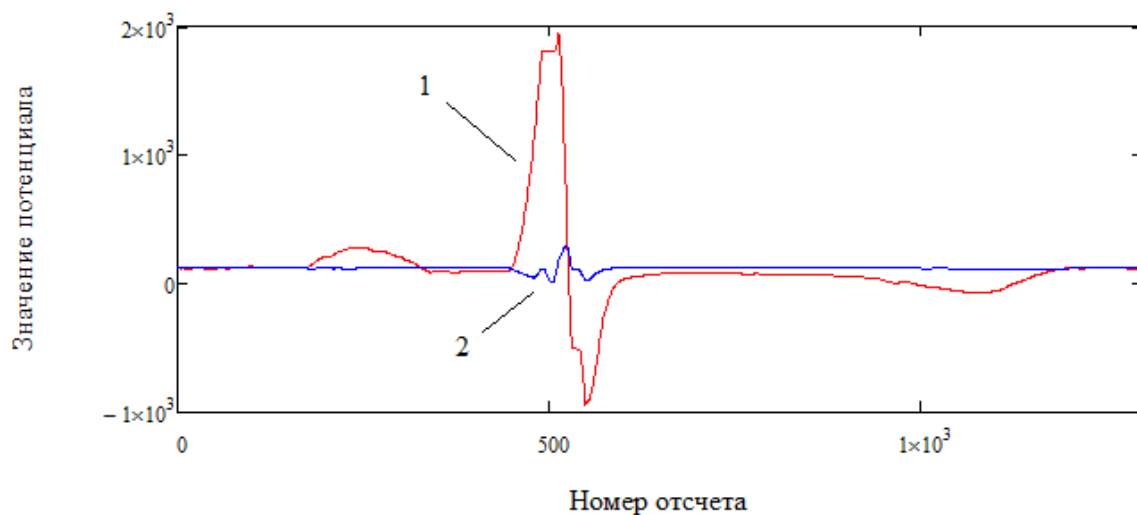


Рисунок 3.9 – График кардиосигнала с номером 74 (1) и его низкочастотная, низкоамплитудная компонента (2)

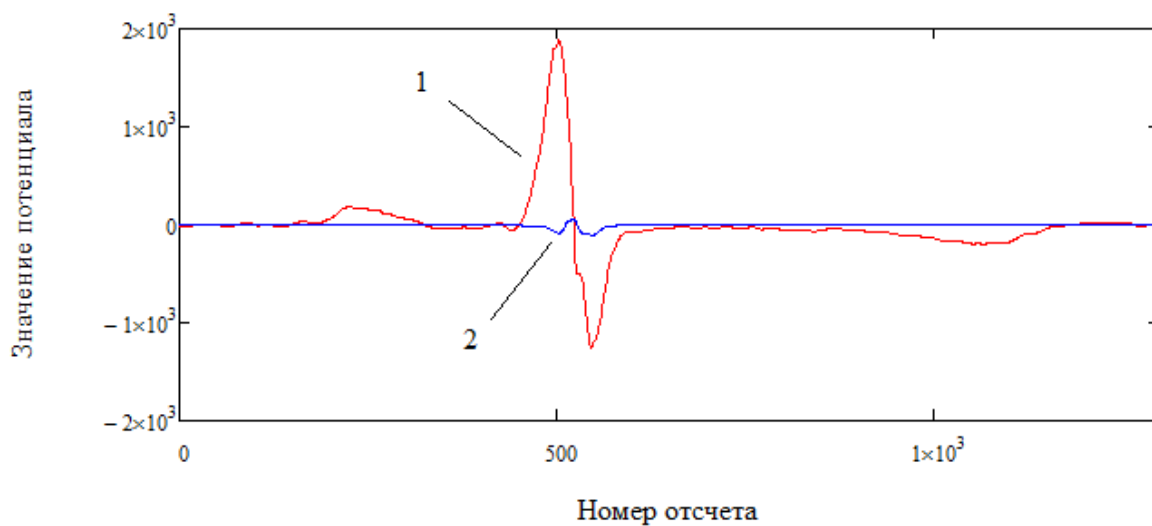


Рисунок 3.10 – График кардиосигнала с номером 47 (1) и его низкочастотная, низкоамплитудная компонента (2)

Также для этих кардиосигналов были построены АЧХ и ФЧХ выделенных низкочастотных низкоамплитудных компонент, графики приведены ниже.

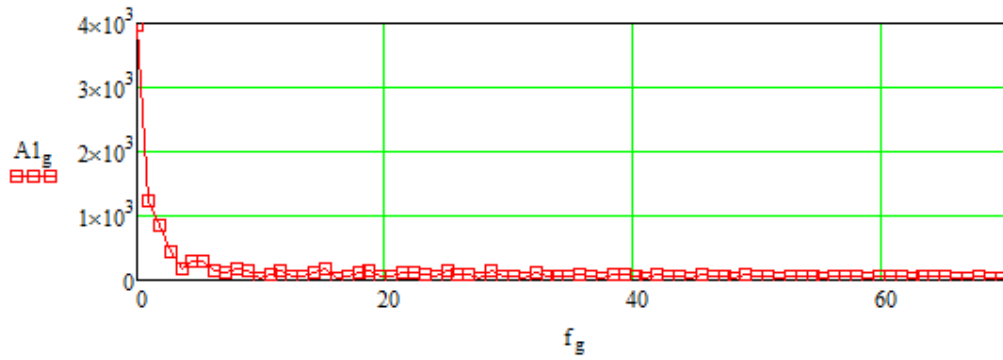


Рисунок 3.11 – АЧХ выделенной низкочастотной, низкоамплитудной компоненты кардиосигнала с номером 74

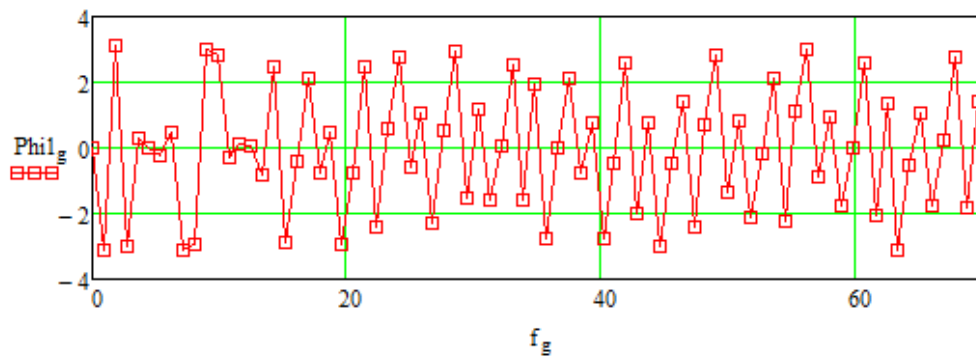


Рисунок 3.12 – ФЧХ выделенной низкочастотной, низкоамплитудной компоненты кардиосигнала с номером 74

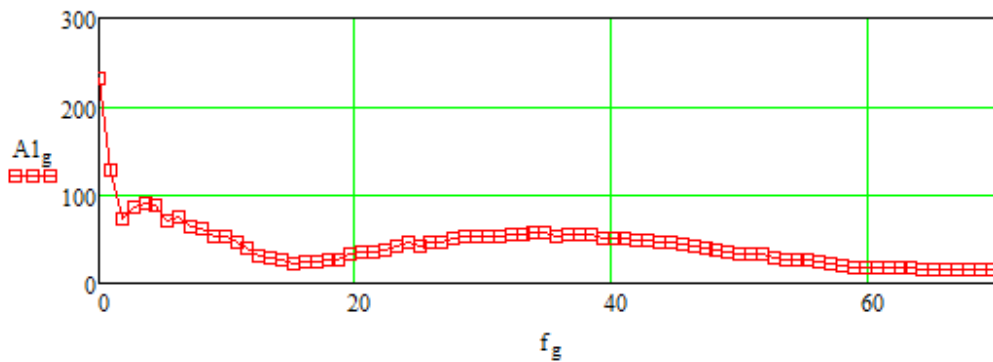


Рисунок 3.13 – АЧХ выделенной низкочастотной, низкоамплитудной компоненты кардиосигнала с номером 47

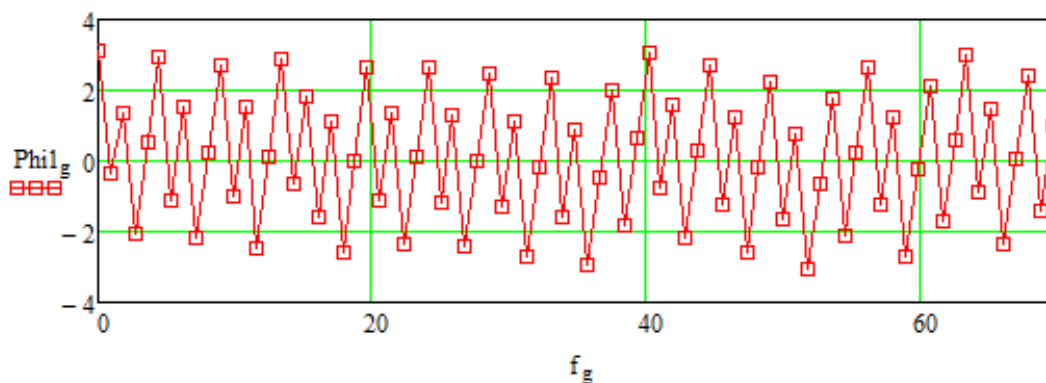


Рисунок 3.13 – ФЧХ выделенной низкочастотной, низкоамплитудной компоненты кардиосигнала с номером 47

Как видно из графиков, формы выделенной низкочастотной, низкоамплитудной, ее АЧХ и ФЧХ, низкочастотной, низкоамплитудной компоненты кардиосигнала с номером 74 и с номером 47 существенно различаются.

3.3 Анализ результатов тестирования

Результаты тестирования алгоритма на нескольких реальных кардиозаписях позволили сделать следующие выводы:

- число главных компонент, необходимых для описания исходных данных без потери информативности с оцениваемой точностью для всех кардиозаписей составило не более четырех;
- число кардиосигналов с наибольшей нормой компоненты, ортогональной пространству выбранных главных компонент составляет около 10% от общего числа кардиосигналов в кардиозаписи;
- форма выделенной низкочастотной, низкоамплитудной компоненты, ее АЧХ и ФЧХ, кардиосигналов с большой нормой ортогональной компоненты в общем случае отличается от низкочастотной, низкоамплитудной компоненты кардиосигналов с малой нормой ортогональной компоненты. Тем не менее, необходима разработка тщательного анализа формы, местоположения и частотных характеристик низкочастотной, низкоамплитудной компоненты,

что станет предметом дальнейших исследований, для проведения которых в первую очередь требуется большой объем материала для тестирования: кардиозаписи пациентов с различными диагнозами и кардиозаписи людей без выявленных сердечно-сосудистых заболеваний.

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

Студенту:

| | |
|---------------|-------------------------------|
| Группа | ФИО |
| 8Б31 | Марченко Ксении Александровне |

| | | | |
|----------------------------|-------------|----------------------------------|-------------------------------------|
| Институт | ИК | Кафедра | Программной инженерии |
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | Прикладная математика и информатика |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|---|---|
| <p>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих;</p> <p>2. нормы и нормативы расходования ресурсов;</p> <p>3. используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования.</p> | <p>Финансовые ресурсы 143793,84 руб.; человеческие ресурсы 2 чел.</p> |
|---|---|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| <p>4. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ;</p> <p>5. планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок;</p> <p>6. определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.</p> | <p>– Проведение SWOT-анализа, QuaD-технология;</p> <p>– планирование этапов разработки программы, определение трудоемкости, составление линейного графика работ;</p> <p>– определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</p> |
|---|--|

Перечень графического материала:

| |
|-----------------------------------|
| Календарный график выполнения ВКР |
|-----------------------------------|

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

Задание выдал консультант:

| | | | | |
|----------------------|------------------------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
| Доцент каф. МЕН ИСГТ | Тухватулина Лилия Равильевна | к.ф.н., доцент | | |

Задание принял к исполнению студент:

| | | | |
|---------------|-------------------------------|----------------|-------------|
| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
| 8Б31 | Марченко Ксения Александровна | | |

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель данного раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на проект, дать приближенную экономическую оценку результатов ее внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы.

Данный раздел является обязательной частью дипломной работы, представляющий собой детальный анализ экономической эффективности проекта. Научно-исследовательская работа представляет собой разработку алгоритма математической обработки кардиозаписи и его последующей реализацией в программной среде. Предприятие, по проблеме которого выполнена научно-исследовательская работа: НИИ Кардиологии Со РАМН.

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

4.1.1 Оценка разработки по технологии QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки, ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

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

Оценочная карта для данного исследования приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Оценочная карта для данного исследования

| Критерии оценки | Вес критерия | Баллы | Максимальный балл | Относительное значение (3/4) | Средневзвешенное значение (5x2) |
|--|--------------|-------|-------------------|------------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Показатели оценки качества разработки | | | | | |
| Надежность | 0,08 | 90 | 100 | 0,9 | 0,072 |
| Качество пользовательского интерфейса | 0,07 | 80 | 100 | 0,8 | 0,056 |
| Потребность в ресурсах памяти | 0,08 | 70 | 100 | 0,7 | 0,056 |
| Функциональная мощность (предоставляемые возможности) | 0,1 | 80 | 100 | 0,8 | 0,08 |
| Простота эксплуатации | 0,08 | 70 | 100 | 0,7 | 0,056 |
| Сопроводительная документация | 0,04 | 75 | 100 | 0,75 | 0,03 |
| Совместимость с различными ОС | 0,03 | 80 | 100 | 0,8 | 0,024 |
| Простота ввода в эксплуатацию | 0,07 | 90 | 100 | 0,9 | 0,063 |
| Язык написания, сложность сопровождения | 0,06 | 90 | 100 | 0,9 | 0,054 |
| Возможности настройки программы по определенным параметрам | 0,04 | 90 | 100 | 0,9 | 0,036 |
| Показатели оценки коммерческого потенциала разработки | | | | | |
| Конкурентоспособность разработки | 0,07 | 80 | 100 | 0,8 | 0,056 |
| Цена | 0,08 | 90 | 100 | 0,9 | 0,072 |
| Финансирование научной разработки | 0,07 | 90 | 100 | 0,9 | 0,063 |
| Обслуживание после внедрения | 0,05 | 85 | 100 | 0,85 | 0,0425 |
| Финансовая эффективность научной разработки | 0,08 | 85 | 100 | 0,85 | 0,068 |
| Итого | 1 | | | | 0,8285 |

Оценка качества и перспективности определяется по формуле (4.1):

$$P_{cp} = \sum B_i B_i, \quad (4.1)$$

где B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – вес показателя (в долях единицы).

Таким образом, P_{cp} составил 83%, что говорит о перспективности разработки.

4.1.2 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. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап 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. Результаты первого этапа SWOT – анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты первого этапа SWOT – анализа

| | Положительное влияние | Отрицательное влияние |
|------------------|--|--|
| Внутренняя среда | Сильные стороны: С1.Экономичность и энерго-эффективность технологии; С2.Быстрое обучение персонала С3.Наличие бюджетного финансирования; С4.Экологичность технологии; С5. Отсутствие необходимости в узкоспециализированном оборудовании: установка производится на ПК. | Слабые стороны: Сл1.Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой; Сл2.Необходимость тестирования разработки на большом количестве объектов перед внедрением; Сл3.Необходимость интерпретации результатов работы врачом-кардиологом. |
| Внешняя среда | Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В2. Использование инфраструктуры НИИ Кардиологии Со РАМН, г. Томск; В3. Постоянное усовершенствование и расширение функциональных возможностей технологии. | Угрозы: У1. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции У2; У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства; У3. Появление конкурентных разработок в данной сфере. |

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Результаты второго этапа SWOT – анализа представлены в таблицах 3-6.

Таблица 3 – Интерактивная матрица «сильные стороны – возможности»

| Сильные стороны | | | | | | |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|
| Возможности | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| | B1 | - | + | - | - | - |
| | B2 | - | + | - | - | - |
| | B3 | - | - | + | - | - |

Таблица 4 – Интерактивная матрица «сильные стороны – угрозы»

| Сильные стороны | | | | | | |
|-----------------|----|----|----|----|----|----|
| Угрозы | | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 |
| | У1 | - | - | - | - | - |
| | У2 | - | - | - | - | - |
| | У3 | - | - | - | - | - |

Таблица 5 – Интерактивная матрица «слабые стороны – возможности»

| Слабые стороны | | | | |
|----------------|----|-----|-----|-----|
| Возможности | | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
| | B1 | + | - | - |
| | B2 | + | + | + |
| | B3 | - | - | + |

Таблица 6 – «слабые стороны – угрозы»

| Слабые стороны | | | | |
|----------------|----|-----|-----|-----|
| Угрозы | | Сл1 | Сл2 | Сл3 |
| | У1 | - | - | - |
| | У2 | - | - | - |
| | У3 | - | - | + |

В рамках третьего этапа составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приведена в таблице 7.

Таблица 7 – Матрица SWOT

| | | |
|--|---|---|
| | <p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сильные стороны:</p> <p>C1.Экономичность и энерго-эффективность технологии;</p> <p>C2.Быстрое обучение персонала</p> <p>C3.Наличие бюджетного финансирования;</p> <p>C4.Экологичность технологии;</p> <p>C5.Стоимость разработки;</p> <p>C6.Отсутствие необходимости в узко-специализированном оборудовании: установка производится на ПК.</p> | <p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1.Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой;</p> <p>Сл2.Необходимость тестирования разработки на большом количестве объектов перед внедрением;</p> <p>Сл3.Необходимость интерпретации результатов работы алгоритма врачом-кардиологом.</p> |
|--|---|---|

Продолжение таблицы 7

| | | |
|---|--|---|
| <p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ; В2. Использование инфраструктуры НИИ Кардиологии Со РАМН, г. Томск; В3. Постоянное усовершенствование и расширение функциональных возможностей технологии.</p> | <p>– Наличие бюджетного финансирования снижает затраты на совершенствование и расширение функциональных возможностей технологии; Обучение персонала с использованием инфраструктур ТПУ и НИИ Кардиологии Со РАМН.</p> | <p>– Привлечение и обучение новых кадров с использованием инфра-структур ТПУ и НИИ Кардиологии Со РАМН; – Предоставление НИИ Кардиологии Со РАМН большого материала для тестирования; Постепенное усовершенствование алгоритма с целью минимизации времени принятия решения врачом-кардиологом.</p> |
| <p>Угрозы: У1. Введение дополнительных государственных требований к сертификации; У2. Несвоевременное финансирование научного исследования со стороны государства; У3. Появление конкурентных разработок в данной сфере.</p> | <p>(Невозможно выявить пересечения)</p> | <p>– Опасность появления конкурентной разработки с минимальным временем принятия решения врачом-кардиологом.</p> |

4.2 Организация и планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научно-исследовательской работы (НИР) сформирована рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель (НР) и исполнитель (И).

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

Полный перечень этапов и проводимых работ в рамках проведения научного исследования, распределение исполнителей по видам работ приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

| Основные этапы | № раб | Содержание работ | Загрузка исполнителей |
|---------------------------------|-------|---|-----------------------|
| Разработка технического задания | 1 | Постановка целей и задач, получение исходных данных | НР – 100% |
| | 2 | Составление и утверждение технического задания | НР – 80% И – 20% |
| | 3 | Разработка календарного плана | НР – 80% И – 20% |
| Теоретические исследования | 4 | Подбор и изучение материалов по тематике | НР – 20% И – 80% |
| | 5 | Обсуждение литературы | НР – 30% И – 70% |
| | 6 | Проведение разработки алгоритма решения задачи | НР – 60% И – 40% |
| Экспериментальные исследования | 7 | Выбор программной среды реализации алгоритма | НР – 10% И – 90% |
| | 8 | Проведение программной реализации алгоритма | НР – 10% И – 90% |
| Обобщение и оценка результатов | 9 | Обсуждение результатов и оценка их эффективности | НР – 50% И – 50% |
| Оформление отчета по НИР | 10 | Оформление графического материала | И – 100% |
| | 11 | Оформление расчетно-пояснительной записки | И – 100% |

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Расчет продолжительности этапов работ при выполнении выпускной квалификационной работы является важным этапом, так он позволяет определить трудоемкость проводимых работ, а трудовые затраты составляют основную часть стоимости научно-исследовательской работы.

Трудоемкость – максимально допустимые затраты труда в человеко-днях на выполнение НИР с учетом организационно технических мероприятий, обеспечивающих наиболее рациональное использование выделенных ресурсов.

Существуют разные методы расчета продолжительности этапов работы, в рамках данной НИР используется экспертный способ, который предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию.

Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ применяется следующая формула:

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{\min} + 2 \cdot t_{\max}}{5}, \quad (4.2)$$

где t_{\min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{\max} – максимальная продолжительность работы, дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ОЖ}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (4.3)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей;

$K_{Д}$ - коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ ($K_{Д} = 1,2$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot k_{КАЛ}, \quad (4.4)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$k_{КАЛ}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$k_{КАЛ} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (4.5)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 365$);

$T_{ВД}$ – выходные дни ($T_{ВД} = 52$);

$T_{ПД}$ – праздничные дни ($T_{ПД} = 10$).

По формуле (4.5) рассчитаем:

$$k_{КАЛ} = \frac{365}{365 - 52 - 10} = 1,2$$

В таблице 9 приведен расчет определения продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе.

Таблица 9 – Трудозатраты на выполнение проекта

| Вид работ | Исполнители | Продолжительность работ, дни | | | Трудоемкость работ по исполнителям чел. – дн. | | | |
|---|-------------|------------------------------|-----------|----------|---|---|----------|---|
| | | | | | $T_{РД}$ | | $T_{КД}$ | |
| | | t_{min} | t_{max} | $t_{ож}$ | НР | И | НР | И |
| Постановка целей и задач, получение исходных данных | НР | 2,00 | 4,00 | 2,80 | 3,36 | 0 | 4,03 | 0 |

Продолжение таблицы 9

| Вид работ | Исполнители | Продолжительность работ, дни | | | Трудоемкость работ по исполнителям чел. – дн. | | | |
|--|-------------|------------------------------|-----------|----------|---|-------|----------|-------|
| | | | | | $T_{РД}$ | | $T_{КД}$ | |
| | | t_{min} | t_{max} | $t_{ож}$ | НР | И | НР | И |
| Составление и утверждение ТЗ | НР, И | 2,00 | 4,00 | 2,80 | 2,69 | 0,67 | 3,23 | 0,81 |
| Разработка календарного плана | НР, И | 2,00 | 4,00 | 2,80 | 2,69 | 0,67 | 3,23 | 0,81 |
| Подбор и изучение материалов по тематике | НР, И | 8,00 | 14,00 | 10,40 | 2,5 | 9,98 | 3,00 | 11,98 |
| Обсуждение литературы | НР, И | 3,00 | 5,00 | 3,80 | 1,37 | 3,19 | 1,64 | 3,83 |
| Проведение разработки алгоритма решения задачи | НР, И | 8,00 | 14,00 | 10,4 | 7,49 | 4,99 | 8,99 | 5,99 |
| Выбор программной среды реализации алгоритма | НР, И | 2 | 6 | 3,6 | 0,43 | 3,89 | 0,52 | 4,67 |
| Проведение программной реализации алгоритма | НР, И | 6 | 12 | 8,4 | 1,39 | 12,53 | 1,67 | 15,03 |
| Обсуждение результатов и оценка их эффективности | НР, И | 6 | 10 | 7,6 | 4,56 | 4,56 | 5,47 | 5,47 |
| Оформление графического материала | И | 3 | 5 | 3,8 | 0 | 6,96 | 0 | 8,35 |
| Оформление расчетно-пояснительной записки | И | 5 | 7 | 5,8 | 0 | 6,96 | 0 | 8,35 |

По показанию полученных величины трудоемкости этапов по исполнителям построен линейный график осуществления проекта (таблица 10).

Таблица 10 – Линейный график работ

| № раб. | НР | И | Февраль | | | Март | | | Апрель | | | Май | |
|-----------|------|-------|---------|----|----|------|----|----|--------|----|----|-----|-----|
| | | | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | 110 |
| 1 | 4,03 | - | ■ | | | | | | | | | | |
| 2 | 3,23 | 0,81 | ■ | | | | | | | | | | |
| 3 | 3,23 | 0,81 | | ■ | | | | | | | | | |
| 4 | 3,00 | 11,98 | | ■ | ■ | | | | | | | | |
| 5 | 1,64 | 3,83 | | | | ■ | | | | | | | |
| 6 | 8,99 | 5,99 | | | | ■ | | | | | | | |
| 7 | 0,52 | 4,67 | | | | | ■ | | | | | | |
| 8 | 1,67 | 15,03 | | | | | | ■ | ■ | | | | |
| 9 | 5,47 | 5,47 | | | | | | | | ■ | | | |
| 10 | - | 8,35 | | | | | | | | | ■ | ■ | |
| 11 | - | 8,35 | | | | | | | | | | ■ | ■ |

НР – ■; И – ■.

4.3 Бюджет проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям:

- затраты на материалы;

- заработная плата исполнителей НИР;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- амортизационные отчисления;
- накладные расходы, включающие в себя расходы на электроэнергию, оплату услуг связи, прочие расходы.

4.3.1 Материальные затраты

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{Э}, \quad (4.6)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{Э}$ – тариф на 1 кВт·час. В Томском политехническом университете составляет 5,257 руб./кВт·час с учетом НДС.;

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 5.2 для инженера ($T_{РД}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{РД} \cdot K_t, \quad (4.7)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{РД}$, определяется исполнителем самостоятельно.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном} \cdot K_C, \quad (4.8)$$

где $P_{ном}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчет затраты на электроэнергию для технологических целей представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Затраты на электроэнергию технологическую

| Наименование оборудования | Время работы оборудования $t_{об}$, час | Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт | Затраты $C_{эл.об}$, руб |
|---------------------------|--|--------------------------------------|---------------------------|
| Персональный компьютер | 50·0,8 | 0,4 | 84,11 |
| Итого: | | | 84,11 |

4.3.2 Расчет основной заработной платы

К данной статье расходов относится основная и дополнительная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме.

Смета затрат на оплату труда в большинстве случаев составляет наибольшую часть себестоимости НИР. Среднедневная тарифная заработная плата $ЗП_{дн}$ рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{дн} = \frac{ЗП_{м}}{21,83}, \quad (4.9)$$

где $ЗП_{м}$ -месячный должностной оклад работника, руб.

Данная формула уже учитывает, что в году 298 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 21,83 рабочих дня (при шестидневной рабочей неделе).

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 5. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется районный коэффициент K_p , для Томска составляет 1,3.

Для перехода от базовой суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент K_p .

Таблица 12 – Расчет затрат на основную заработную плату

| Участник рабочей группы | Оклад, руб./мес | Среднедневная ставка, руб./раб.день | Затраты времени, раб.дни | Коэффициент | Фонд основной з/платы, руб |
|-------------------------|-----------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------|----------------------------|
| НР | 23264,86 | 1065,73 | 28 | 1,3 | 38792,57 |
| И | 14874,45 | 681,38 | 60 | 1,3 | 53147,64 |
| Итого $C_{зп}$: | | | | | 91940,21 |

4.3.3 Расчет дополнительной заработной платы

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 (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (4.10)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, равен 0,12.

Дополнительная заработная плата научного руководителя составляет 4655,11 руб. Дополнительная заработная плата исполнителя - 6377,717 руб.

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Данную статью расходов составляют обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам

государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Таким образом:

$$C_{соц} = C_{зн} \cdot 0,271, \quad (4.11)$$

В нашем случае:

$$C_{соц} = 102973,04 \cdot 0,271 = 27905,69 \text{ руб.}$$

4.3.5 Накладные расходы

В статье «Накладные расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, к ним относятся содержание оргтехники, услуги связи, представительные расходы и другие. Их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов:

$$C_{проч} = (C_{зн} + C_{соц} + C_{эл.об}) \cdot 0,1, \quad (4.12)$$

Таким образом, накладные, учитывая данные полученные выше:

$$C_{проч} = (102973,04 + 24915,8 + 84,11) \cdot 0,1 = 127972,95 \cdot 0,1 = 1279,72.$$

4.3.6 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Разработка алгоритма анализа главных компонент, выделяемых из набора однородных кардиосигналов». Смета затрат на разработку представлена в таблице 13.

Таблица 13 – Смета затрат на разработку проекта

| Статья расходов | Условное обозначение | Сумма, руб. | Примечание |
|----------------------------------|----------------------|-------------|-------------|
| Основная заработная плата | $C_{зп}$ | 91940,21 | Пункт 3.2.1 |
| Дополнительная заработная плата | $C_{доп.зп}$ | 11032,83 | Пункт 3.2.2 |
| Отчисления во внебюджетные фонды | $C_{соц}$ | 27905,69 | Пункт 3.3 |
| Расходы на электроэнергию | $C_{эл}$ | 84,11 | Пункт 3.1.1 |
| Прочие расходы | $C_{проч}$ | 12831,00 | Пункт 3.3 |
| Итого: | | 143793,84 | |

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Результатом научно-исследовательской работы является алгоритм математической обработки кардиозаписи, реализованный в программной среде. Проект выполнен по проблеме НИИ Кардиологии Со РАМН.

Данный проект предполагает получение экономической, социологической и ресурсной эффективности.

Фактором экономической и социологической эффективности разработки является возможность более качественного и тщательного анализа кардиозаписей пациентов.

В качестве фактора экономической, социологической и ресурсной эффективности можно выделить внутриорганизационную выгоду: экономия времени, требуемого сотрудникам НИИ Кардиологии Со РАМН для визуального анализа графиков электрокардиограммы, поскольку данный проект обеспечивает быстрое определение информативных участков кардиозаписи.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

| | |
|----------------|--------------------------------------|
| Группа 8Б31 | ФИО Марченко Ксения Александровна |
|----------------|--------------------------------------|

| | | | |
|---------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------------------|
| Институт | Институт кибернетики | Кафедра | Программной инженерии |
| Уровень образования | бакалавриат | Направление/специальность | Прикладная математика и информатика |

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

| | |
|--|--|
| 1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения | Работа связана с разработкой алгоритма анализа главных компонент, выделяемых из набора однородных кардиосигналов. Рабочей зоной являются помещение, рабочее место с персональным компьютером с периферийными устройствами. |
|--|--|

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

| | |
|---|--|
| <p>1. Профессиональная социальная безопасность.</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения). | <p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – электромагнитные излучения; – микроклимат; – освещенность рабочей зоны; – шум на рабочем месте; – электромагнитные излучения. <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> – электрический ток. |
| <p>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); | <p>Анализ негативного воздействия на окружающую природную среду: утилизация люминесцентных ламп, компьютеров и другой техники.</p> |

| | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. | |
| <p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. | <p>Наиболее типичная возможная ЧС:</p> <ul style="list-style-type: none"> – пожар на рабочем месте. |
| <p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – режим труда; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. | <ul style="list-style-type: none"> – Режим труда; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны оператора. |

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

Задание выдал консультант:

| Должность | ФИО | Ученая степень, звание | Подпись | Дата |
|---------------------|-----------------------------|------------------------|---------|------|
| Доцент каф. ЭБЖ ИНК | Извеков Владимир Николаевич | к.т.н., доцент | | |

Задание принял к исполнению студент:

| Группа | ФИО | Подпись | Дата |
|--------|-------------------------------|---------|------|
| 8Б31 | Марченко Ксения Александровна | | |

5 Социальная ответственность

Аннотация

Представление понятия «Социальная ответственность» сформулировано в международном стандарте (МС) IC CSR-08260008000: 2011 «Социальная ответственность организации».

В соответствии с МС - Социальная ответственность - ответственность организации за воздействие ее решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое:

- содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества;
- учитывает ожидания заинтересованных сторон;
- соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность);
- интегрировано в деятельность всей организации и применяется во всех ее взаимоотношениях (включая промышленную безопасность и условия труда, экологическую безопасность).

Введение

Объектом исследования ВКР является разработка алгоритма анализа главных компонент, выделяемых из набора однородных кардиосигналов. Возможными пользователями разрабатываемого решения являются НИИ, медицинские организации кардиологической направленности.

В ходе выполнения ВКР производились работы, связанные с построением алгоритмов математической обработки кардиозаписи и их последующей реализацией в программной среде. Место выполнения ВКР – компьютерная аудитория Института Кибернетики Томского Политехнического Университета. Рабочее место оборудовано персональным компьютером.

Работа, связанная непосредственно с компьютером, может оказывать отрицательное воздействие на здоровье человека. Данный раздел ВКР посвящен рассмотрению вредных и опасных факторов, оказывающих негативное влияние на производственную деятельность инженера-программиста. Также проведен анализ негативного воздействия на окружающую среду, рассмотрены мероприятия в чрезвычайных ситуациях, правовые и организационные вопросы.

5.1 Профессиональная социальная безопасность

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 опасные и вредные факторы подразделяются на следующие группы:

- физические;
- химические;
- психофизиологические;
- биологические.

Опасные и вредные факторы, оказывающие негативное влияние на деятельность программиста-разработчика, перечислены в таблице 1.

Таблица 14 – Перечень опасных и вредных факторов технологии производства

| Источник фактора, наименование видов работ | Факторы | | Нормативные документы |
|--|--|--|---|
| | Вредные | Опасные | |
| – Работа за персональной электронно-вычислительной машиной в компьютерной аудитории. | <ul style="list-style-type: none"> – Микроклимат; – освещенность рабочей зоны; – шума на рабочем месте; – электромагнитные излучения и напряженность электромагнитного поля. | <ul style="list-style-type: none"> – Электрический ток. | <ul style="list-style-type: none"> – Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, СанПиН 2.2.4-548-96; – Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий, СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 |

Продолжение таблицы 14

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | <ul style="list-style-type: none">– Шум. Общие требования безопасности, ГОСТ 12.1.003-83. ССБТ;– Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03;– Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля– Электробезопасность, ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ |
|--|--|--|--|

5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов

5.1.1.1 Микроклимат

Микроклимат в помещении (температура, влажность и скорость движения воздуха) оказывает значительное влияние на самочувствие, здоровье и эффективную работоспособность сотрудников, проводящих длительное время на рабочем месте. Внутри помещения должны поддерживаться показатели, обеспечивающие сохранение теплового баланса человека с окружающей средой и поддержание оптимального или допустимого теплового состояния организма.

Оптимальные микроклиматические условия обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Нормы параметров микроклиматических условий устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения. Работа инженера-программиста относится к категории работ Ia, в которую входят работы с интенсивностью энергозатрат до 139Вт, производимые сидя и не требующие систематического физического

напряжения. Оптимальные параметры микроклимата для этой категории работ приведены в таблице 1.2 в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и СанПиН 2.2.548-96.

Таблица 15 – Нормы параметров микроклимата

| Период года | Категория работы | Температура, С | Относительная влаж. воздуха, % | Скорость движения воздуха, не более м/с |
|-------------|------------------|----------------|--------------------------------|---|
| Холодный | Ia | 22-24 | 40-60 | 0,1 |
| Теплый | Ia | 23-25 | 40-60 | 0,1 |

Поддержание указанных параметров в помещении должно осуществляться посредством применения систем отопления и вентиляции, а также, при необходимости, увлажнителей воздуха, в соответствии с СНиП 41-01-2003.

В аудитории, в которой происходила работа инженера-программиста, параметры микроклимата находятся в пределах нормы.

5.1.1.2 Освещённость рабочей зоны

Соответствующее производственное освещение способствует улучшению условий зрительной работы, снижает утомляемость и способствует повышению производительности труда.

Существует три вида освещения – естественное солнечное освещение, искусственное и комбинированное. В соответствии с основными требованиями к помещениям для эксплуатации ПЭВМ (СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03) эти помещения должны иметь естественное и искусственное освещение. Естественное освещение создается прямыми солнечными лучами или рассеянным светом небосвода. Искусственное освещение в помещениях эксплуатации компьютеров должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Согласно СНиП 23-05-95, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 освещённость на поверхности стола в зоне размещения документа должна быть 300-500 лк. Допускается установка светильников местного освещения для

подсветки документов. Местное освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана и увеличивать освещенность экрана более 300 лк согласно СНиП 23-05-95 и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Основным гигиеническим требованием является достаточно равномерная освещенность всего поля зрения: уровень освещенности помещения, и яркость экрана монитора должны быть соотносимы: яркий свет в районе периферийного зрения повышает напряженность глаз и приводит к утомляемости [13].

Расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью (h) определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c, \quad (5.1)$$

где H – высота потолка в помещении, м;

h_p – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м;

h_c – расстояние от потолка до светильника, м.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h(A + B)}, \quad (5.2)$$

где S – площадь помещения, м²;

A – длина комнаты, м;

B – ширина комнаты, м;

h – высота подвеса светильников, м.

Освещенность помещения рассчитывается по формуле:

$$E_\phi = \frac{n \cdot \eta \cdot \Phi}{S \cdot k_z \cdot z}, \quad (5.3)$$

где Φ – световой поток светильника, лм;

S – площадь помещения, м²;

k_z – коэффициент запаса, который учитывает загрязнение светильника;

z – коэффициент неравномерности освещения;

n – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока.

Пример расчета системы искусственного освещения проводится для прямоугольного помещения, размерами: длина $A = 6$ (м), ширина $B = 5$ (м), высота $H = 4$ (м), количество ламп $N = 48$ (шт). Структурный план помещения представлен на рисунке 1.

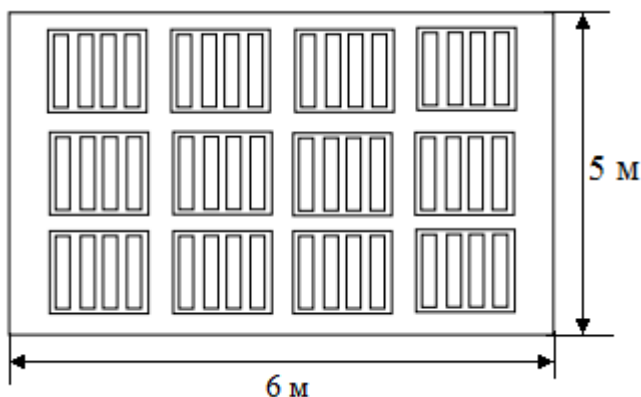


Рисунок 5.1 – План размещения светильников в рабочей аудитории

Вычислим расчетную высоту подвеса светильников над рабочей поверхностью по формуле (5.1):

$$h = 4 - 0,7 - 0,01 = 3,29 \text{ м.}$$

Вычислим индекс помещения по формуле (5.2)

$$i = \frac{30}{3,29(6 + 5)} = 0,83$$

Примем коэффициенты отражения от стен $\rho_c = 70\%$ и потолка $\rho_{п} = 50\%$, поскольку потолок в помещении чистый бетонный, а также свежепобеленные стены без окон. Для соответствующих значений i , ρ_c и $\rho_{п}$ примем $\eta = 0,29$.

Коэффициент запаса k учитывает запыленность светильников и их износ. Для помещений с малым выделением пыли $k = 1,5$. Поправочный коэффициент z – это коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп $z = 1,1$. В помещении используются светильники ЛВО 4×18 CSVТ, с люминесцентными лампами типа L 18W/640 с потоком $F = 1200$ лм. Учитывая рассмотренные выше параметры найдем освещенность по формуле (5.3):

$$E_{\phi} = \frac{48 \cdot 0,29 \cdot 1200}{30 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 337 \text{ лк.}$$

Отличие от нормированного уровня находится по формуле:

$$\Delta E = \frac{E_{\phi} - E_{норм}}{E_{норм}} \cdot 100\% , \quad (5.4)$$

В результате получаем $-10 \% \leq 12 \% \leq +20 \%$. Полученное значение попадает в необходимый интервал, значит, нормы освещённости в рабочем помещении соблюдаются.

5.1.1.3 Шум

Шум – это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека. Шум оказывает отрицательное влияние на качество работы человека и на его здоровье. Человек, постоянно подвергающийся воздействию шума, быстро переутомляется, отличается повышенной раздражительностью, становится забывчивым, чаще страдает от слабости и головокружения.

При выполнении работы инженер-программист может оказаться под шумовым воздействием следующих источников: системный блок персонального компьютера, печатающие устройства, оборудование поддержки микроклимата (кондиционеры, вентиляция) и пр.

Работы, выполняемые специалистом, оцениваются как научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование. Согласно СН2.2.4/2.1.8.562-96 эквивалентный уровень шума на рабочих местах, связанных с подобной деятельностью, не должен превышать 50 дБА.

Для оценки соблюдения ПДУ шума необходим производственный контроль (измерения и оценка). В случае превышения уровней необходимы организационно-технические мероприятия по защите от действия шума. Наиболее эффективная защита от производственного шума создается с помощью специальных архитектурно-строительных решений на этапе проектирования здания, планировки офиса и рабочих мест в нём. В качестве дополнительных мер по защите от шума можно применять различные звукоизолирующие кожухи, акустические экраны, звукопоглощающие отделочные материалы.

Также необходимо обеспечить нормальную вентиляцию системного блока компьютера. Для охлаждения необходимо оборудовать со стороны вентиляционных отверстий хотя бы 20-30 см свободного пространства. Не загромождать оборудование посторонними предметами, которые снижают теплоотдачу, прочищать вентиляционные отверстия от пыли.

5.1.1.4 Электромагнитные излучения и напряженность электромагнитного поля

В результате функционирования персонального компьютера и периферийных устройств, в частности, экрана монитора, в районе рабочего места программиста формируется электромагнитное поле, представляющее угрозу. Монитор персонального компьютера является источником [14]:

- электростатического поля;
- слабых электромагнитных излучений в низкочастотном и высокочастотном в диапазонах (2 Гц – 400 кГц);
- ультрафиолетового излучения;
- инфракрасного излучения;
- излучения видимого диапазона.

В организме человека под влиянием электромагнитного излучения монитора происходят значительные изменения гормонального состояния, специфические изменения биотоков головного мозга, изменение обмена веществ. Пыль, притягиваемая электростатическим полем монитора, иногда становится причиной дерматитов лица, обострения астматических симптомов, раздражения слизистых оболочек [14,15].

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений ПО ГОСТ 12.1.045–84

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

Предельно-допустимые нормы ЭМП представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Предельно допустимые нормы ЭМП ПО ГОСТ 12.1.045–84

| Напряжённость электрического поля | |
|-----------------------------------|---------|
| в диапазоне частот 5 Гц–2 кГц | 25 В/м |
| в диапазоне частот 2 кГц–400 кГц | 2,5 В/м |
| Плотность магнитного потока | |
| в диапазоне частот 5 Гц–2 кГц | 250 нТл |
| в диапазоне частот 2 кГц–400 кГц | 25 нТл |

Для снижения воздействия электромагнитного излучения следует применять мониторы с пониженным уровнем излучения, также устанавливать защитные экраны, придерживаться регламентированного режима труда и отдыха, а также проводить регулярную гигиеническую уборку помещения.

Мероприятия, позволяющие уменьшить влияние вредных факторов на работника при работе за ПК: каждый час необходимо делать перерыв, для выполнения гимнастики для глаз, а также выполнять несколько упражнений на расслабление, которые могут уменьшить напряжение, накапливающееся в мышцах при длительной работе за компьютером.

Основные способы защиты от статического электричества следующие: заземление оборудования, увлажнение окружающего воздуха. Также целесообразно применение полов из антистатического материала.

5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов

Опасный фактор – это фактор среды и трудового процесса, воздействие которого на работающего, в определённых условиях, приводит к травме или другому внезапному ухудшению здоровья.

Выявленные опасный фактор для настоящей работы: электрический ток.

Во время использования ПЭВМ или других периферийных устройств оператор должен осторожно обращаться с электропроводкой, аппаратами и приборами. Перед началом работы следует убедиться в отсутствии свешивающихся со стола или висящих под столом проводов электропитания, в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры и рабочей мебели, в отсутствии повреждений и наличии заземления приэкранного фильтра.

Согласно ПУЭ аудиторию КЦ–105 НИ ТПУ по степени опасности поражения электрическим током можно отнести к классу помещений без повышенной опасности.

Методы защиты от воздействия статического электричества:

- влажная уборка, чтобы уменьшить количество пылинок в воздухе и на предметах офиса;
- использование увлажнителей воздуха;
- защитное заземление, зануление (ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ.);
- применение средств индивидуальной защиты, таких как антистатические спреи и браслеты.

Методы защиты от опасности поражения электрическим током:

- электрическая изоляция токоведущих частей (сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм);
- ограждение токоведущих частей, которые работают под напряжением;
- использование малых напряжений, например, не более 50 В;

- электрическое разделение сетей на отдельные короткие участки;
- защитное заземление и зануление (ГОСТ 12.1.030–81 ССБТ.);
- применение средств индивидуальной защиты, таких как плакаты и знаки безопасности, изолирующие подставки, указатели напряжения.

Электробезопасность должна обеспечиваться (ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ):

- конструкцией электроустановок;
- техническими способами и средствами защиты;
- организационными и техническими мероприятиями.

5.2 Экологическая безопасность

Рассмотрим загрязнение литосферы в результате исследовательской деятельности бытовым мусором, на примере люминесцентных ламп.

Эксплуатация люминесцентных ламп требует осторожности и чёткого выполнения инструкции по обращению с данным отходом (код отхода 35330100 13 01 1, класс опасности – 1 [16]). Опасное вещество ртуть содержится в лампе в газообразном состоянии. Вдыхание паров ртути может привести к тяжелому повреждению здоровья.

При перегорании ртутьсодержащей лампы (выходе из строя) её замену осуществляет лицо, ответственное за сбор и хранение ламп (обученное по электробезопасности и правилам обращения с отходом). Отработанные люминесцентные лампы сдаются только на полигон токсичных отходов для меркуризации и захоронения. Запрещается сваливать отработанные люминесцентные лампы с мусором [17].

Бытовой мусор помещений организаций несортированный, образованный в результате деятельности работников предприятия (код отхода 91200400 01 00 4). Агрегатное состояние отхода твердое; основные компоненты: бумага и древесина, металлы, пластмассы и др. Для сбора мусора рабочее место оснащается урной. При заполнении урны, мусор выносится в контейнер бытовых

отходов. Предприятие заключает договор с коммуналь-ным хозяйством по вывозу и размещению мусора на организованных свалках.

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.3.1 Анализ вероятных ЧС

Чрезвычайная ситуация (ЧС) - это обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, 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.

Перечень возможных ЧС на объекте исследования можно представить следующим (ориентировочным) вариантом:

- наводнение;
- удар молнии;
- пожар на объекте;
- взрыв.

Наиболее вероятной ЧС в рамках рассматриваемого помещения является пожар.

Рабочее место оператора поста управления, должно соответствовать требованиям ФЗ Технический регламент по ПБ и норм пожарной безопасности (НПБ 105-03) и удовлетворять требованиям по предотвращению и тушению пожара по ГОСТ 12.1.004-91 и СНиП 21-01-97.

Компьютерная аудитория по пожарной опасности относится к категории В, в нём находятся горючие материалы и вещества в холодном состоянии. По степени огнестойкости данное помещение относится к 3-й степени огнестойкости.

Возникновение пожара может произойти в результате следующих причин:

- перегрузка в электросети;
- короткое замыкание;
- разрушение изоляции проводников.

5.3.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действий в случае возникновения ЧС

К мерам по предупреждению пожара относятся следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание противопожарных инструкций, планов эвакуации.

Основными мерами по повышению устойчивости помещения к данной ЧС являются в первую очередь исключение образования благоприятной для пожара среды (контроль воздухообмена), а также использование трудно сгораемых материалов при отделке рабочего помещения [18].

На рабочем месте запрещается иметь огнеопасные вещества и выполнять следующие действия:

- курить;
- зажигать огонь;
- включать электрооборудование, если в помещении пахнет газом;
- сушить что-либо на отопительных приборах;
- закрывать вентиляционные отверстия в электроаппаратуре.

Необходимо разработать безопасную эвакуацию людей на случай возникновения пожара. При пожаре люди должны покинуть помещение в течение минимального времени. Помещение, в котором выполнялась работа, входит в общий план эвакуации этажа, который предусматривает выход из всех помещений этажа в основной или запасной эвакуационные выходы здания. Выведение людей из зоны пожара должно производиться согласно заранее разработанному плану эвакуации (рисунок 2).



Рисунок 5.2 – План эвакуации людей при пожаре и других ЧС (первый этаж)

В каждом кабинете установлен углекислотный огнетушитель ОУ-2 и табличка с указанием лица, ответственного за пожарную безопасность.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

5.4.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

Нормы трудового права – это правила трудовых отношений, установленные или санкционированные государством посредством законодательных актов, регулирующие любые отношения, связанные с использованием личного труда. Формы их реализации разнообразны:

- собственно, трудовые отношения;
- организация труда и управление им;
- трудоустройство работников;
- социальное партнерство, коллективные отношения;
- содействие занятости безработных лиц;
- организация профессиональной подготовки и повышения квалификации;
- обеспечение мер по охране труда граждан;

- осуществление контроля и надзора за соблюдением законодательства;
- социальная и правовая защита работников, решение трудовых споров;
- деятельность профессиональных союзов;
- отношения взаимной материальной ответственности работника и работодателя;
- защита прав и интересов работодателей.

Основной задачей коллективного договора является создание необходимых организационно-правовых условий для достижения оптимального согласования интересов сторон трудовых отношений.

По заключенному коллективному договору работодатель обязан:

- соблюдать трудовое законодательство и иные нормативные правовые акты, содержащие нормы трудового права, локальные нормативные акты, условия коллективного договора, соглашений и трудовых договоров;
- предоставлять работникам работу, обусловленную трудовым договором;
- обеспечивать безопасность и условия труда, соответствующие государственным нормативным требованиям охраны труда;
- обеспечивать работников оборудованием, инструментами, технической документацией и иными средствами, необходимыми для исполнения ими трудовых обязанностей;
- обеспечивать работникам равную оплату за труд равной ценности, постоянно совершенствовать организацию оплаты и стимулирования труда, обеспечить материальную заинтересованность работников в результатах их труда;
- выплачивать в полном размере причитающуюся работникам заработную плату в сроки, установленные в соответствии с ТК РФ, коллективным договором, настоящими Правилами, трудовыми договорами;

- вести коллективные переговоры, а также заключать коллективный договор в порядке, установленном ТК РФ;
- знакомить работников под роспись с принимаемыми локальными нормативными актами, непосредственно связанными с их трудовой деятельностью;
- создавать условия, обеспечивающие участие работников в управлении организацией в предусмотренных ТК РФ, иными федеральными законами и коллективным договором формах;
- осуществлять обязательное социальное страхование работников в порядке, установленном федеральными законами;
- возмещать вред, причиненный работникам в связи с исполнением ими трудовых обязанностей, а также компенсировать моральный вред в порядке и на условиях, которые установлены ТК РФ, федеральными законами и иными нормативными правовыми актами РФ;
- принимать необходимые меры по профилактике производственного травматизма, профессиональных или других заболеваний работников, своевременно предоставлять льготы и компенсации в связи с вредными (опасными, тяжелыми) условиями труда (сокращенный рабочий день, дополнительные отпуска и др.), обеспечивать в соответствии с действующими нормами и положениями специальной одеждой и обувью, другими средствами индивидуальной защиты;
- постоянно контролировать знание и соблюдение работниками всех требований инструкций по охране труда, производственной санитарии и гигиене труда, противопожарной безопасности;

Работодатель обязуется проводить аттестацию и сертификацию рабочих мест один раз в пять лет с участием представителя профкома. Если по результатам аттестации рабочее место не соответствует санитарно-гигиеническим требованиям и признано условно аттестованным, разрабатывать совместно с профкомом план мероприятий по улучшению и оздоровлению условий труда на данном рабочем месте и обеспечивать их выполнение.

Ежегодно издавать приказ о мероприятиях по охране труда и промышленной безопасности, считать эти мероприятия соглашением по охране труда на год.

Обеспечивать за счет средств работодателя:

- Проведение инструктажей по охране труда, обучение лиц, поступающих на работу с вредными и (или) опасными условиями труда, безопасным методам и приемам выполнения работ со стажировкой на рабочем месте и сдачей экзаменов, проведение периодического обучения по охране труда и проверку знаний требований охраны труда в период работы.

- Проведение обязательных периодических медицинских осмотров (обследований) работников, в том числе женщин в женской консультации, в рабочее время по графику медицинских осмотров, с сохранением за ними места работы (должности) и среднего заработка на время прохождения указанных медицинских осмотров.

- Наличие на производственных участках аптечек для оказания первой помощи пострадавшим и обработки микротравм; наличие в аптечках рекомендованного МЛПУ «Городская клиническая больница №1» перечня средств и медикаментов, их ежегодную замену.

- Выдачу молока работникам Общества в дни фактического выполнения работ, в том числе при выполнении работ временными ремонтными бригадами на местах с наличием вредных факторов в соответствии с медицинскими показаниями в количестве:

- при длительности смены до 8 часов – 0,5 л (1 талон);

- при длительности смены 11,5 часов – 0,75 л (3 талона на две смены).

- На горячих участках и участках с вредными условиями труда обеспечивать работников сухим чаем из расчета 8 грамм на одного человека в смену. Списки работников, которым необходимо выдавать чай, утверждаются совместным постановлением работодателя и профкома.

- На работах, связанных с загрязнением, выдавать бесплатно банное мыло по норме 400 грамм на одного человека в месяц.

- Выдачу работникам защитных паст в дни работы на основании перечня, утвержденного совместным постановлением работодателя и профкома.
- Бесплатную выдачу витаминных препаратов работникам, подвергающимся воздействию высокой температуры окружающей среды и интенсивному теплооблучению при выполнении работ с особо вредными условиями труда в соответствии со списками, утвержденными совместным постановлением работодателя и профкома.
- Дополнительное страхование работников от несчастных случаев на производстве.

Порядок обеспечения работников спецодеждой, спецобувью и средствами индивидуальной защиты, стирки и дезинфекции устанавливается локальными нормативными актами работодателя, принимаемыми по согласованию с профкомом.

Перечень изменений и дополнений к нормативам, утвержденным законодательством РФ выдачи спецодежды, спецобуви и средств индивидуальной защиты определяется приложением к коллективному договору.

5.4.2 Режим труда

При работе с персональным компьютером важную роль играет соблюдение правильного режима труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

Согласно СанПиН 2.2.2.548-96 при восьмичасовой рабочей смене на ПЭВМ перерывы в работе должны составлять от 10 до 20 минут каждые два часа работы. В перерывах, согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03, рекомендуется проводить комплекс упражнений для глаз.

5.4.3 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важных проблем эргономического проектирования.

Организация рабочего места программиста или оператора регламентируется следующими нормативными документами: ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ, ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ, СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 и рядом других.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места.

Главными элементами рабочего места программиста или оператора являются стол и кресло. Основное рабочее положение: положение сидя.

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. Необходимые для работы предметы расположены в зоне легкой досягаемости.

Моторное поле - пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона - часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

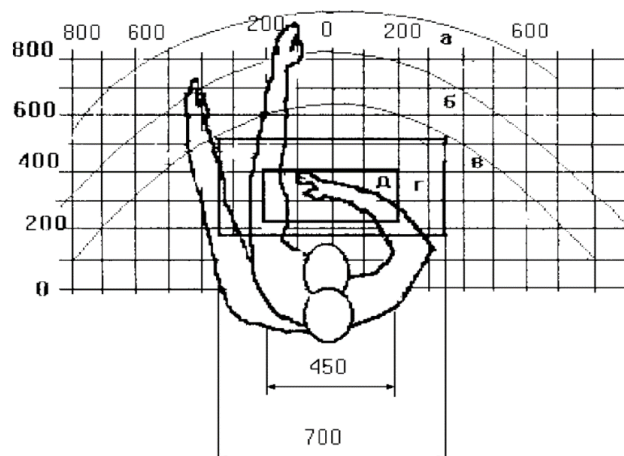


Рисунок 5.3 - Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

- а - зона максимальной досягаемости;
- 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:

- дисплей размещается в зоне "а" (в центре);
- системный блок размещается в предусмотренной нише стола;
- клавиатура - в зоне "г"/"д";
- манипулятор "мышь" - в зоне "в" справа;
- документация: необходимая при работе - в зоне легкой досягаемости ладони – "в", в ящиках стола - литература, неиспользуемая постоянно.

Площадь одного рабочего места с компьютером должна быть не менее 6 м². При размещении рабочих мест с персональными компьютерами должны учитываться расстояния между рабочими столами с мониторами.

Для комфортной работы стол должен удовлетворять условиям [19]:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы программист мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения программиста;

- высота рабочей поверхности в пределах 680-760мм. Высота поверхности, на которую установлена клавиатура, должна быть около 650мм.

Конструкция стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400 - 550 мм и углов наклона вперед до 15° и назад до 5°;
- высоту опорной поверхности спинки 300 ± 20 мм, ширину - не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости - 400 мм;
- угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах $0 \pm 30^\circ$;
- регулировку расстояния спинки от переднего края сиденья в пределах 260-400 мм;
- стационарные или съемные подлокотники длиной не менее 250 мм и шириной - 50-70 мм;
- регулировку подлокотников по высоте в пределах 230 ± 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350 - 500 мм.

Поверхность сиденья, спинки стула (кресла) должна быть полумягкой с нескользящим, неэлектризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнения. Кресло устанавливается на такой высоте, чтобы не чувствовалось давления на копчик или на бедра.

Работающий за ПЭВМ должен сидеть прямо, опираясь в области нижнего края лопаток на спинку кресла, не сутулясь, с небольшим наклоном головы вперед (до 5-7°). Предплечья должны опираться на поверхность стола, снимая тем самым статическое напряжение плечевого пояса и рук.

Рабочее место должно быть оборудовано подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20°. Поверхность подставки рифленая и имеет по переднему краю бортик высотой 10 мм.

Необходимо предусматривать при проектировании возможность различного размещения документов. Если видеотерминал имеет низкое качество

изображения, например, заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700 мм), чем расстояние от глаза до документа (300 - 450 мм). При высоком качестве изображения на видеотерминале расстояние от глаз пользователя до экрана, документа и клавиатуры может быть равным.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0,6...0,7 м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до $+20^\circ$ относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе. При неудобной рабочей позе возможны боли в мышцах, суставах и сухожилиях.

Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20° ;
- плечи должны быть расслаблены;
- локти - под углом $80^\circ \dots 100^\circ$;
- предплечья и кисти рук - в горизонтальном положении.

Причина неправильной обусловлена следующими факторами:

- нет хорошей подставки для документов;
- клавиатура находится слишком высоко, а документы – низко;
- некуда положить руки и кисти;
- недостаточно пространство для ног.

Благоприятные условия труда, эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение для облегчения труда, повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

Рабочее место в аудитории № 105 КЦ ТПУ отвечает вышеперечисленным условиям.

Заключение

В процессе выполнения работы был разработан и реализован в математическом пакете MathCAD алгоритм анализа главных компонент, выделяемых из набора однородных кардиосигналов. Большое внимание в работе уделялось изучению принципов и подходов ЭКГ ВР и особенностей сингулярного разложения матрицы. Тестирование алгоритма проводилось на кардиозаписях реальных пациентов.

В ходе разработки алгоритма были выполнены поставленные задачи и достигнуты следующие результаты:

- описан способ определения набора главных компонент, необходимых для описания исходных данных без потери информативности с оцениваемой точностью. В результате тестирования алгоритма на кардиозаписях реальных пациентов было выяснено что число необходимых главных компонент составляет не более четырех. Таким образом, можно сказать, что для тестируемых объектов определена размерность пространства матрицы кардиосигналов;

- разработана методика выделения кардиосигналов, несущих информацию о редких событиях сердечной деятельности. Тестирование алгоритма показало, что число таких кардиосигналов составляет около 10% от общего числа кардиосигналов кардиозаписи;

- разработана методика обнаружения низкочастотной, низкоамплитудной компоненты, имеющей большой потенциал с точки зрения диагностики нарушений сердечного ритма, и проведения ее частотного анализа. В результате тестирования алгоритма установлено, что форма, АЧХ и ФЧХ в общем случае отличается у кардиосигналов с большой разницей в значении нормы ортогональной компоненты.

Результаты тестирования могут быть применимы к кардиозаписям, на которых проводилось, поскольку наличие иного диагноза у пациента может привести к иным результатам. При дальнейших исследованиях требуется

тестирование алгоритма на большем объеме материала, включающего кардиозаписи пациентов с известными диагнозами и кардиозаписи людей без выявленных сердечно-сосудистых заболеваний.

На данный момент можно сказать, что цель настоящего исследования, заключающаяся в разработке анализа главных компонент, выделяемых из набора однородных кардиосигналов, достигнута.

Список используемых источников

1. Д. В. Казаков. Квазипериодическая двухкомпонентная динамическая модель для синтеза кардиосигнала с использованием временных рядов и метода Рунге–Кутты четвертого порядка // Компьютерные исследование и моделирование, 2012 Т. 4 № 1 С. 143–154.
2. Мазур Н.А. Внезапная смерть // В кн. Болезни сердца и сосудов. Под ред. Е.И. Чазова. - М.: Медицина, 1992, С. 133-146.
3. Simson M.B. Use of signals in the terminal QRS-complex to identify patients with ventricular tachycardia after myocardial infarction // Circulation. 1981. – Vol. 64. – № 2. – P. 235–241.
4. Авдеева Д.К., Вылегжанин О.Н., Пеньков П.Г., Кашуба И.В., Турушев Н.В. Выделение референтного импульса из зашумленной последовательности // Контроль. Диагностика. – 2013. – № 13. – С. 107–110.
5. Иванов Г.Г., Дворников В.Е. Электрокардиография высокого разрешения. – М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 1999.
6. Викторов И.В. Современные компьютерные системы для автоматического анализа электрокардиосигналов // Медицинская техника. – 1994. – № 1. – С. 34–35.
7. Жаринов О.О., Жаринов И.О. Электрокардиография высокого разрешения: новый подход к обработке сигнала // Научно–технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2006. – №33. – С. 106–120.
8. Jarno M.A. Tanskanen, Jari J. Viik. Independent Component Analysis in ECG Signal Processing, Advances in Electrocardiograms – Methods and Analysis, PhD. Richard Millis (Ed.) // InTech – 2012. – P. 349 – 372.
9. R. Simoliuniene, A. Krisciukaitis, A. Macas, G. Baksyte, V. Saferis, R. Zaliunas. Principal Component Analysis Based Method for Detection and Evaluation of ECG T-Wave Alternans // Computers in Cardiology. – 2008. – Vol. 35 – P. 757–760.

10. F. Castells, P. Laguna, L. Srnmo, A. Bollmann, J. Millet Roig. Principal Component Analysis in ECG Signal Processing // EURASIP Journal on Advances in Signal Processing – Vol. 2007. – Article ID 74580. – 21 pages.
11. Алексей Померанцев. Метод Главных Компонент (PCA) [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.chemometrics.ru/materials/textbooks/pca.htm>.
12. Авдеева Диана Константиновна, Вылегжанин Олег Николаевич. Выделение из зарегистрированного кардиосигнала ортогональной к нему низкоамплитудной составляющей // Интернет-журнал Науковедение. – 2013. – №6 (19).
13. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение.
14. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы – М.: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003..
15. ГОСТ 12.1.019 (с изм. №1) ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
16. Федеральный классификационный каталог отходов [Электрон-ный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.ecoguild.ru/faq/fedwastecatalog.htm>, свободный. – Загл. с экрана.
17. Федеральный закон Российской Федерации от 22 июля 2008 г. N 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
18. Об утверждении правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде: Постановление Правительства Российской Федерации от 3 сентября 2010 года № 681.
19. Зинченко В.П. Основы эргономики. – М.: МГУ, 1979. – 179 с.

Приложение А (обязательное)

Получение сингулярного разложения матрицы X:

$$\underline{L} := \text{svd}(\text{newX})$$

Получение вектора, состоящего из сингулярных чисел:

$$\underline{S} := \text{diag}(\text{svds}(\text{newX}))$$

Получение матриц левых и правых сингулярных векторов:

$$U := \text{submatrix}(L, 0, \text{rows}(\text{newX}) - 1, 0, \text{cols}(L) - 1)$$

$$V := \text{submatrix}(L, \text{rows}(\text{newX}), \text{rows}(L) - 1, 0, \text{cols}(L) - 1)$$

Рисунок А.1 – Скриншот рабочего листа программы: сингулярное разложение матрицы кардиосигналов

$$\text{Dis}(X) := \left| \begin{array}{l} \text{for } i \in 0.. \text{rows}(X) - 1 \\ R_i \leftarrow \sum_{k=0}^i X_k \\ R \leftarrow \frac{R}{\text{rows}(X) - 1} \\ \sum_{k=0} X_k \\ R \end{array} \right.$$

Рисунок А.2 – Скриншот рабочего листа программы: процедура расчета доли описываемой изменчивости в зависимости от числа выбранных главных КОМПОНЕНТ

$$\text{Norm}(k, U, X) := \left| \begin{array}{l} U_k \leftarrow \text{submatrix}(U, 0, \text{rows}(U) - 1, 0, k - 1) \\ T \leftarrow U_k \cdot U_k^T \\ p \leftarrow \text{identity}(\text{rows}(T)) - T \\ \text{for } i \in 0.. \text{cols}(X) - 1 \\ \left| \begin{array}{l} S1 \leftarrow X^{\hat{D}T} \cdot p \\ S2 \leftarrow S1 \cdot X^{\hat{D}} \\ R_i \leftarrow \sqrt{S2} \end{array} \right. \\ R \end{array} \right.$$

Рисунок А.3 – Скриншот рабочего листа программы: процедура расчета нормы компоненты, ортогональной пространству на выбранные главные компоненты

```

Sort(norm,X,dlt) :=
  for g ∈ 0..cols(X) - 1
    indexg ← g
  for i ∈ 0..cols(X) - 2
    for j ∈ 0..cols(X) - 2 - i
      if normj < normj+1
        k ← normj
        h ← indexj
        normj ← normj+1
        indexj ← indexj+1
        normj+1 ← k
        indexj+1 ← h
  for p ∈ 0..dlt - 1
    if (indexp ≠ cols(X) - 1) ∧ (indexp ≠ 0)
      X1 ← submatrix(X,0,rows(X) - 1,0,indexp - 1)
      X2 ← submatrix(X,0,rows(X) - 1,indexp + 1,cols(X) - 1)
      X ← augment(X1,X2)
      for i ∈ 0..rows(index) - 1
        indexi ← indexi - 1 if indexi > indexp
      X ← submatrix(X,0,rows(X) - 1,0,indexp - 1) if indexp = cols(X) - 1
    if indexp = 0
      X ← submatrix(X,0,rows(X) - 1,indexp + 1,cols(X) - 1)
      indexi ← indexi - 1
  X

```

Рисунок А.4 – Скриншот рабочего листа программы: формирование матрицы, состоящей из кардиосигналов с относительно малой нормой ортогональной

КОМПОНЕНТЫ

Получение сингулярного разложения матрицы X:

```
newSing := svd(newX)
newS := diag(svds(newX))
U := submatrix(newSing, 0, rows(newX) - 1, 0, cols(newSing) - 1)
V := submatrix(newSing, rows(newX), rows(L) - 1, 0, cols(newSing) - 1)
```

Выделенная низкочастотная низкоамплитудная компонента:

$$S_{\text{ww}} := \sum_{i=1}^2 \left[(U)^{\langle i \rangle} \cdot [(newS)^{\langle i \rangle}]_i \cdot V^{\langle i \rangle T} \right]$$

Проведение ее частотного анализа:

Добавление нулей:

```
n1273 := 0
n2272 := 0
S1ww := stack(n1, S<55>, n2)
```

```
cF := cfft(S1)
T :=  $\frac{2048}{1828.154} = 1.1202557$  gww := 0..2047
 $\frac{1}{T} = 0.8926533$  fg := g ·  $\frac{1}{T}$ 
```

Амплитудно-частотная характеристика:

$$A1 := \sqrt{\operatorname{Re}(cF)^2 + \operatorname{Im}(cF)^2}$$

Фазово-частотная характеристика:

$$A1_{\text{ww}} := \sqrt{\operatorname{Re}(cF)^2 + \operatorname{Im}(cF)^2}$$

$$\text{Phi1} := \operatorname{atan2}(\operatorname{Re}(cF), \operatorname{Im}(cF))$$

Рисунок А.5 – Скриншот рабочего листа программы: выделение низкочастотной, низкоамплитудной компоненты и ее частотный анализ