

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки Информационные системы и технологии
 ООП Информационные системы и технологии в бизнесе и промышленности
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Комплексный показатель здоровья сотрудников на основе вариабельности сердечного ритма

УДК 004.65:613.4

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8А	Гуржапов Виталий Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Пономарев Алексей Анатольевич	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна	Ассистент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Цапко Ирина Валерьевна	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-4	Способен участвовать в разработке технической документации, связанной с профессиональной деятельностью с использованием стандартов, норм и правил

Код компетенции	Наименование компетенции
ОПК(У)-5	Способен инсталлировать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем
ОПК(У)-6	Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического применения в области информационных систем и технологий
ОПК(У)-7	Способен осуществлять выбор платформ и инструментальных программно-аппаратных средств для реализации информационных систем
ОПК(У)-8	Способен применять математические модели, методы и средства проектирования информационных и автоматизированных систем
ПК(У)-1	Способен выполнять интеграцию программных модулей и компонент
ПК(У)-2	Способен выполнять работы и управлять работами по созданию (модификации) и сопровождению информационных систем
ПК(У)-3	Способен создавать техническую документацию на продукцию в сфере информационных технологий, управлять технической информацией
ПК(У)-4	Способен выполнять работы по обеспечению функционирования баз данных и обеспечению их информационной безопасности
ПК(У)-5	Способен проводить, оценивать и следить за выполнением концептуального, функционального и логического проектирования систем малого и среднего масштаба и сложности

ПРИКАЗ

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) Информационные системы и технологии
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП/ОПОП

 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
8И8А	Гуржапов Виталий Александрович

Тема работы:

Комплексный показатель здоровья сотрудников на основе вариабельности сердечного ритма
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Разработка программного обеспечения для анализа состояния здоровья на основе вариабельности сердечного ритма</p>
<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"> – Анализ предметной области – Проектирование и разработка ПО – Социальная ответственность – Финансовый менеджмент

Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Презентация в формате *.pptx
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Рыжакина Татьяна Гавриловна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.01.2022
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Пономарев А.А.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8А	Гуржапов Виталий Александрович		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки (специальность) Информационные системы и технологии
 Уровень образования Бакалавриат
 Отделение школы (НОЦ) Отделение информационных технологий
 Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2021 /2022 учебного года)

Форма представления работы:

ВКР бакалавра

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающегося:

Группа	ФИО
8И8А	Гуржапов Виталий Александрович

Тема работы:

Комплексный показатель здоровья сотрудников на основе вариабельности сердечного ритма

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
07.06.2022	Основная часть	75
12.06.2022	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
30.05.2022	Социальная ответственность	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Пономарев А.А.	к.т.н., доцент		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ	Цапко И.В.	к.т.н., доцент		

Обучающийся

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8А	Гуржапов Виталий Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8И8А	Гуржапов Виталий Александрович

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	Отделение информационных технологий
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оклад руководителя – 23368 руб. Оклад инженера – 81788 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность»;</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение структуры работы. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
2. *Матрица SWOT*
3. *Альтернативы проведения НИ*
4. *График проведения и бюджет НИ*
5. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	03.02.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		03.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8А	Гуржапов Виталий Александрович		03.02.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 8И8А		ФИО Гуржапов Виталий Александрович	
Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	ОИТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	09.03.02 Информационные системы и технологии

Тема ВКР:

Комплексный показатель здоровья сотрудников на основе вариабельности сердечного ритма	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p><i>Объект исследования:</i> веб-приложение, обеспечивающего отображение комплексных показателей здоровья сотрудников;</p> <p><i>Область применения:</i> сервер, предназначенный для централизованного получения и хранения информации.</p> <p><i>Рабочая зона:</i> <u>офис</u></p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> ноутбук – 1 штука, стул – 1 штука, стол – 1 штука</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> написание кода и документации к ней, а также оформление необходимых для написания ВКР документов.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>ГОСТ 12.2.032-78. ССБТ. «Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».</p> <p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ</p> <p>Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда.</p>
<p>2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего 2. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума 3. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения 4. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения <p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: вентиляция помещения, беруши,</p>

	наушники, безопасное расположение токоведущих частей Расчет: расчет системы искусственного освещения
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения	Литосфера: средства, необходимые для разработки и эксплуатации программного комплекса могут наносить вред окружающей среде. Вследствие этого требуется организация утилизации отходов оргтехники.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	Возможные ЧС: пожар, взрывы, обрушение зданий, землетрясения, терроризм. Наиболее типичная ЧС: пожар
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
	01.03.2022

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		01.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8И8А	Гуржапов Виталий Александрович		01.03.2022

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 73 с., 14 рис., 22 табл., 18 источников.

Ключевые слова: вариабельность сердечного ритма, электрокардиограмма, медицинская информатика, автоматизированная медицинская система, медицинская информационная система, веб приложение, показатель активности регуляторных систем.

Объект исследования – веб-приложение, обеспечивающее отображение комплексных показателей здоровья сотрудников на основе вариабельности сердечного ритма.

Цель работы – разработка инструментальных средств для анализа комплексного состояния здоровья посредством измерения вариабельности сердечного ритма.

В результате выполнения работы разработано приложение, которое отражает состояние человека по вариабельности сердечного ритма. В дальнейшем предполагается добавить анализ состояния здоровья по другим факторам: возрасту, росту/весу, различным заболеваниям и т.п.

Степень внедрения: приложение готово к внедрению.

Область применения: все организации, заинтересованные в мониторинге физического состояния своих сотрудников.

Экономическая эффективность/значимость работы: разработка является экономически эффективной.

В будущем планируется расширение функциональности созданного приложения.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ЭКГ – электрокардиограмма.

ВСР – вариабельность сердечного ритма.

ПАРС – показатель активности регуляторных систем.

ВНС – вегетативная нервная система.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	14
1 Анализ предметной области	15
1.1 Электрокардиография	15
1.2 Электрокардиограмма	16
1.3 Вариабельность сердечного ритма	17
2 Анализ готовых решений	20
2.1 Kubios [10]	20
2.2 KARDIA [10]	20
2.3 POLYAN [10]	21
2.4 VARVI [10]	21
2.5 RHRV [10]	22
2.6 aHRV [10]	22
3 Используемые инструменты и алгоритмы	23
3.1 Алгоритм Пана – Томпкинса	23
3.2 Алгоритм работы программы	24
3.3 Показатель активности регуляторных систем	26
3.4 Данные	28
4 Реализация	30
4.1 Определение QRS-комплекса	30
4.2 База данных	31
4.3 Архитектура приложения	32
4.4 Разработка приложения	33
4.5 Работа приложения	34
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	38
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	38
5.2 Анализ конкурентных технических решений	38
5.3 SWOT-анализ	40
5.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию	43
5.4.1 Структура работ в рамках научного исследования	43
5.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ	43

5.4.3	Разработка графика проведения научного исследования	44
5.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	48
5.5.1	Расчет материальных затрат НТИ	48
5.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	49
5.5.3	Основная заработная плата исполнителя темы	49
5.5.4	Расчет дополнительной заработной платы	51
5.5.5	Отчисления во внебюджетные фонды	52
5.5.6	Накладные расходы	53
5.5.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	53
5.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	54
6	Социальная ответственность	57
	Введение	57
6.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	58
6.2	Производственная безопасность	59
6.2.1	Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	60
6.2.2	Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещений	60
6.2.3	Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума	61
6.2.4	Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	62
6.2.5	Экологическая безопасность	63
6.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	64
6.4	Вывод по разделу	66
	Список использованных источников	67
	Приложение 1	69
	Приложение 2	71
	Приложение 3	73

Введение

Забота о здоровье сотрудников становится все более важной в российском бизнесе. Общеизвестно, что "здоровый образ жизни" и "работа" несовместимы. Работа за компьютером по восемь часов в день, курение, употребление большого количества кофе и нерегулярное питание – все это очень вредно для здоровья. В интересах компании, чтобы его сотрудники были здоровы, так как при этом они смогут хорошо и своевременно выполнять поставленные им задачи.

Экспертные исследования [1] показывают, что сигналы ЭКГ содержат информацию о функционировании всех систем организма, а не только сердца. В то же время каждое заболевание "модулирует" сигнал ЭКГ уникальным образом. То есть вы можете использовать признаки непрерывных интервалов сердечного цикла и увеличения амплитуды для диагностики информации о проблемах со здоровьем человека даже на ранних стадиях. Стадия их развития. В связи с этим можно создать инструменты, которые могут анализировать состояние здоровья сотрудников на основе ВСР.

Многие зарубежные компании разработали хорошо известные электрокардиографы, которые выполняют основные задачи, необходимые для работы в реальной жизни, но их стоимость довольно высока. Поэтому основной целью этой задачи является разработка программного обеспечения для анализа состояния здоровья на основе вариабельности сердечного ритма. Это приложение должно обеспечивать высокую точность определения параметров.

1 Анализ предметной области

Даже самое сильное и здоровое сердце может биться с регулярностью швейцарских часов. Вариабельность сердечного ритма (BCP) (обычно называемая вариабельностью продолжительности цикла или вариабельностью RR) представляет собой явление изменения временного интервала между последовательными сердечными сокращениями [2]. Используется для анализа вегетативной нервной системы (ВНС). Вегетативная нервная система – это система управления, используемая для регулирования бессознательного поведения организма, такого как сердечная деятельность, дыхание, пищеварение, кровяное давление, мочеиспускание и расширение / сокращение зрачка [3].

Даже когда частота сердечных сокращений человека относительно стабильна (например, в состоянии покоя), интервалы RR (время между ударами сердца) сильно различаются [4].

Вариабельность сердечного ритма предоставляет информацию о нескольких факторах, связанных со здоровьем сердечно-сосудистой системы и психологическим стрессом, а также может выявить состояние человека и уровни расслабления и сна. Этот пульсирующий интервал находится в центре внимания все большего числа исследований, поскольку наблюдается снижение ЧСС V в группе здоровых пациентов, таких как ишемическая болезнь сердца, фибромиалгия, диабет, депрессивная сердечная недостаточность и даже депрессия [5].

1.1 Электрокардиография

Электрокардиография является широко используемым неинвазивным методом регистрации электрических изменений в сердце [6]. Запись, называемая электрокардиограммой (ЭКГ), показывает серию волн, связанных с электрическим импульсом, который возникает во время каждого сердцебиения. Результаты печатаются на бумаге или отображаются на экране

вашего компьютера. монитор. Волны в обычной записи называются P, Q, R, S и T.

1.2 Электрокардиограмма

Электрокардиограмма является неинвазивным диагностическим тестом, который оценивает электрическую систему вашего сердца для оценки сердечных заболеваний [6].

У здорового человека синоатриальный узел производит 60-90 электрических импульсов в минуту, равномерно передавая их через проводящую систему сердца. Затем эти импульсы вводят возбуждение в область миокарда, прилегающую к проводящему пути, и графически наносятся на ленту в виде изогнутых следов ЭКГ. Прохождение импульсов через проводящую систему сердца регистрируется вертикально и графически в виде всплесков (волны электрокардиограммы P, Q, R, S и T) выше и ниже кривой. В дополнение к записи волн, горизонтальная ЭКГ регистрирует время, необходимое для прохождения импульса через определенную часть сердца. Высота зуба измеряется в милливольтгах, а длина интервала измеряется в секундах [2]. Пример формы сигнала электрокардиограммы показан на рисунке 1.1.

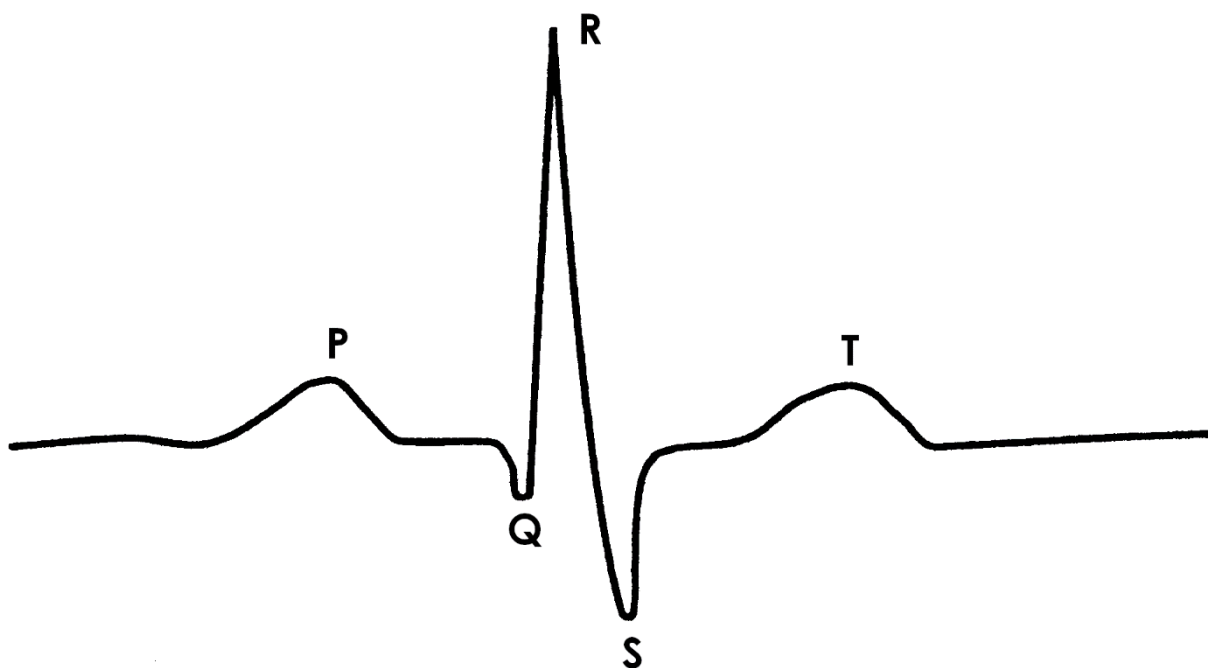


Рисунок 1.1 –ЭКГ: зубцы и интервалы

В целом процесс создания электрокардиограммы можно описать следующим образом [2].

- Формирование возбуждающих импульсов в синоатриальном узле;
- Возбуждение предсердий, формирование P-волны;
- Интервал регистрации P – Q;
- Желудочковое сосудистое возбуждение, комплексная запись QRS;
- Остановка возбуждения и восстановление исходного состояния, появление сегмента ST и зубца T.

1.3 Вариабельность сердечного ритма

Вариабельность сердечного ритма (BCP) анализирует физиологическое явление колебаний в интервале между последовательными сердечными сокращениями [7]. Проще говоря, BCP – это просто мера изменения времени между каждым ударом сердца.

Это изменение контролируется вегетативной нервной системой. ВНС работает независимо от нашего желания и регулирует, среди прочего, частоту сердечных сокращений, кровяное давление, дыхание, реакцию зрачков, мочеиспускание и пищеварение [8] согласно обзору в Американском журнале

фармацевтического образования. ВНС подразделяется на два больших компонента: симпатическую и парасимпатическую нервную систему, также известную как механизм борьбы или бегства и реакция релаксации соответственно.

В условиях стресса активируется вся симпатическая нервная система. реакция характеризуется высвобождением большого количества адреналина из надпочечников, увеличением частоты сердечных сокращений. в то время как парасимпатическая нервная система активируется в условиях покоя и пытается уменьшить частоту сердечных сокращений, чтобы вернуться к норме.

Обе системы играют важную роль для правильного функционирования организма, если у нас есть постоянные подстрекатели, такие как стресс, плохой сон, нездоровое питание, дисфункциональные отношения, изоляция или одиночество, а также отсутствие физических упражнений, этот баланс может быть нарушен, и реакция организма на борьбу или бегство может перейти в состояние перегрузки.

Если система человека находится в режиме борьбы или полета, разница между последующими ударами сердца невелика. Если человек находится в более расслабленном состоянии, разница между ударами высока. Другими словами, чем здоровее ВНС, тем быстрее вы можете переключаться, демонстрируя большую устойчивость и гибкость. За последние несколько десятилетий исследования показали связь между низким ВСП и ухудшением депрессии или тревоги. Низкий ВСП даже связан с повышенным риском смерти и сердечно-сосудистых заболеваний.

Одним из методов анализа сердечного ритма является создание скаттерограммы. Скаттерограмма - это графическое представление последовательных пар (предыдущего и последующего) интервалов между R-зубцами на координатной плоскости. В этом случае значение предыдущего интервала отображается на оси x, а значение следующего интервала

отображается на оси y . Это создает группу точек, центр которых находится на биссектрисе координатного угла (рис. 1.2).

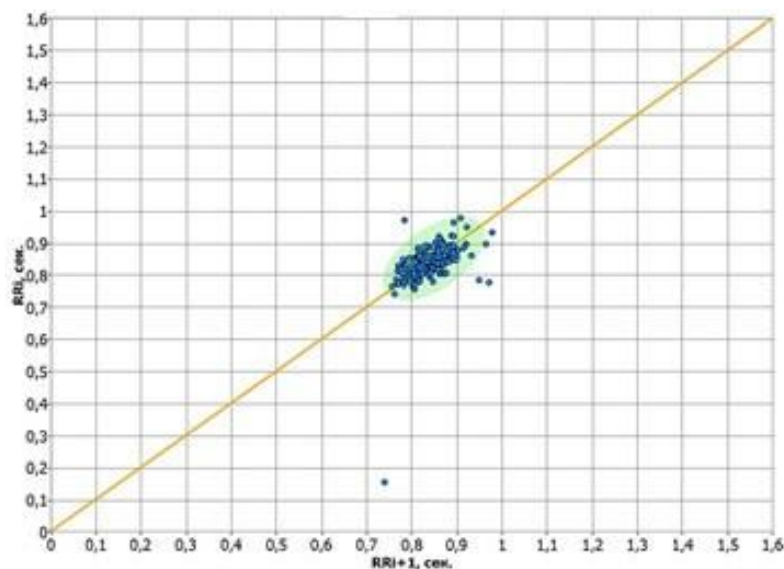


Рисунок 1.2 – Скаттерограмма

Скаттерграммы также могут быть проанализированы для оценки сердечных аритмий или аномальных выбросов, расчета частоты сердечных сокращений (ЧСС) и определения причины возбуждения (положение кардиостимулятора), которое вызывает сокращения предсердий и желудочков.

2 Анализ готовых решений

На сегодняшний день возможности мониторинга ВСП расширились, и появились специальные программные средства для анализа ВСП. Большинство бесплатных программных средств обеспечивают анализ ВСП во временной и частотной области. Некоторые из них включают графический пользовательский интерфейс и могут использоваться широким кругом пользователей. Некоторые разработчики описывают инструмент, не указывая платформу или язык реализации. В одной из немногих сред, предназначенных для анализа ВСП, многие инструменты уникальны и не публикуются в исследовательских целях [9].

2.1 Kubios [10]

Данное программное обеспечение может анализировать ВСП во временной области, частотной области и нелинейных показателях. Программное обеспечение представляет собой законченное решение, совместимое с операционными системами Windows и Linux с поддержкой форматов данных ЭКГ и интервалов RR, и выполняет необходимые операции предварительной обработки для обнаружения QRS и коррекции артефактов. Kubios поддерживает следующие форматы входных сигналов: двоичные файлы (biorac (.acq)), европейский формат данных (.edf), общий формат данных (.gdf) и текстовые файлы ASCII. Результаты анализа ВСП могут быть сохранены в виде текстового файла ASCII (с возможностью импорта в MS Excel или SPSS), файла Matlab MAT или формата PDF.

2.2 KARDIA [10]

KARDIA (по-гречески "сердце") – это скриптовый язык Matlab с открытым исходным кодом для анализа ВСП. Все функции написаны в одной программе (kardia.m), доступной бесплатно по адресу <http://sourceforge.net/projects/mykardia>. Для запуска mfile нужна обновленная

версия Matlab 7.0 или Matlab Signal Processing Toolbox. KARDIA может рассчитать частоту сердечных сокращений с заданной пользователем частотой дискретизации, используя различные интерполяции, такие как константы, линейность и сплайны. Вы можете количественно оценить линейные параметры ВСР во временной и частотной области, нелинейные параметры с анализом изменчивости без тренда.

2.3 POLYAN [10]

Полипараметрический анализ (POLYAN) написан на Matlab 4.2. Это вычислительная среда для высокопроизводительных числовых вычислений и визуализации. Эта программа для исследователей, которые хотят поделиться своими методами исследования с командой разработчиков. POLYAN – это инструмент с открытым исходным кодом для оценки автономных систем, который позволяет проводить одновременный анализ различных сигналов (полипараметрический метод). Он может измерять частоту сердечных сокращений как во временной, так и в частотной областях и использует хорошо продуманную графику, чтобы данные было легко воспринимать и интерпретировать. Использование языка программирования Matlab позволяет быстро и гибко расширять пакет.

2.4 VARVI [10]

Изменчивость частоты речевого развития в ответ на визуальные стимулы (VARVI) — это приложение с открытым исходным кодом, разработанное на языке python для анализа ВСР в ответ на различные визуальные стимулы с помощью последовательности видео. Программное обеспечение имеет широкий спектр применения в психиатрии и психологических исследованиях. Программное обеспечение VARVI доступно с открытым исходным кодом на сайте varvi.milegroup.net. Он не требует установки программного обеспечения, но необходимы следующие предустановленные приложения: платформа Linux, mplayer

(<http://www.mplayerhq.hu/>) для видео, библиотеки PyBluez (<http://pybluez.googlecode.com/>) для связи с Polar.

2.5 RHRV [10]

Это открытое программное обеспечение на языке R для статистических вычислений BCP. Этот язык R в основном является реализацией языка S и совместим с платформами Windows и MacOSX. Преимущество программного обеспечения заключается в возможности индивидуальной настройки графиков. Он импортирует файлы данных, содержащие положения сердечных сокращений, как в формате WFDB, так и в формате ASCII. Программный пакет доступен для загрузки и установки в соответствии со сторонними процедурами для платформы R.

2.6 aHRV [10]

aHRV — это коммерческое программное обеспечение для анализа BCP, разработанное компанией Neurocard. Этот инструмент может импортировать данные в файлах ASCII, двоичных файлах в европейских форматах данных и во многих проприетарных форматах. Расширенные версии форума также включают сегментированный анализ ЭКГ с их использованием или скрининг апноэ во сне с использованием SAS. Это программное обеспечение предоставляет удобный интерфейс для анализа во временной и частотной областях.

Подробное сравнение различных функций этих программных средств показано в таблице Приложения 1.

3 Используемые инструменты и алгоритмы

3.1 Алгоритм Пана – Томпкинса

Выделение признаков является одним из наиболее важных этапов в схеме классификации. На этом этапе объекты из входного сигнала используются только в качестве данных классификатора. Прежде чем объект будет извлечен, сигнал проходит через процесс, называемый предварительной обработкой. В этом случае шум в сигнале устраняется с помощью фильтра шумоподавления. Сигнал с шумом передается на этап извлечения объектов, и объекты извлекаются с использованием алгоритма, называемого алгоритмом Пана-Томпкинса [11]. Этот алгоритм может выделять QRS-часть сигнала ЭКГ и извлекать статистические характеристики, такие как среднее значение, дисперсия и стандартное отклонение.

Передаточная функция рекурсивного фильтра нижних частот второго порядка, используемого в алгоритме, выглядит следующим образом:

$$H(z) = \frac{1 - 2z^{-6} + z^{-12}}{1 - 2z^{-1} + z^{-2}}.$$

Фильтр высоких частот определяется:

$$H(z) = \frac{-1 + 32z^{-16} + z^{-32}}{1 + z^{-1}}.$$

Комплекс QRS характеризуется самым крутым градиентом (скоростью изменения напряжения) сигнала. Поскольку скорость задается производным оператором, Пан и Томпкинс предложили использовать эту операцию в качестве основной операции для обнаружения комплекса QRS. Эта процедура подавляет компоненты волн Р и Т и усиливает компоненты комплекса QRS.

Последующие квадраты делают результат положительным и усиливают компоненты комплекса QRS.

После применения операторов производной и возведения в квадрат выходной сигнал показывает большое количество пиков во время комплекса

QRS. Поэтому процесс сглаживания выполняется с использованием интегрального фильтра типа скользящего окна, заданного:

$$y(n) = \frac{1}{N} [x(n - (N - 1)) + x(n - (N - 2)) + \dots + x(n)],$$

где N - ширина окна.

Выбор ширины окна основан на следующих соображениях: если окно слишком широко, комплекс и T-волна будут объединены, а если ширина слишком мала, в одном комплексе QRS будет несколько пиков.

Метод порогового поиска адаптируется к изменениям в сигнале ЭКГ путем вычисления оценок движения пиков, связанных с сигналом.

Этот метод был выбран для реализации проекта, потому что определение комплекса QRS очень точное и простое в реализации.

3.2 Алгоритм работы программы

Для реализации был определен следующий алгоритм, который представлен на рисунке 3.1.



Рисунок 3.1 – Блок-схема разработанного алгоритма

3.3 Показатель активности регуляторных систем

Показатели активности регуляторных систем (ПАРС) [2] рассчитываются в коэффициентах в соответствии с уникальным набором правил, который учитывает факты статистических признаков, признаков гистограммы и спектральной оценки кардиоинтервалов. ПАРС был предложен в начале 80-х годов (Баевский Р.М. (1964)) и оказался очень эффективным в оценке адаптивных способностей организма. Набор правил для его расчета постепенно совершенствуется, и в настоящее время разрабатывается совершенно новый алгоритм, который учитывает значения всех основных признаков колебаний значений на болезни сердца.

Значения ПАРС представлены в виде ранжирования от 1 до 10. На основе оценки значений ПАРС могут быть диагностированы следующие практические состояния:

1. Состояние оптимального беспокойства регулирующей системы, необходимого для поддержания стабильности баланса тела и окружающей среды (ПАРС = 1-2).
2. Состояние умеренного беспокойства по поводу регулирующего устройства, в то время как структура желает дальнейшего практического резерва для адаптации к условиям окружающей среды. Такое состояние происходит в рамках метода адаптации к работе, сопровождаемого интеллектуальным давлением или под воздействием опасных факторов окружающей среды (ПАРС = 3-4).
3. Уровень предполагаемой тревожности регуляторной системы, связанный с активной мобилизацией защитных механизмов, которые включают увеличение активности симпатической и гипофизарно-надпочечниковой систем (ПАРС = 5-6).
4. Состояние неумеренной тревожности регуляторной системы, характеризующееся потерей защитных и адаптивных механизмов, отсутствием способности организма адекватно реагировать на воздействие факторов окружающей среды. В то же время

неумеренная активация регулирующего устройства теперь не поддерживается за счет соответствующего практического резерва (ПАРС = 7-8).

5. Состояние истощения (недомогания) регуляторного механизма, при котором снижается эффективность регуляторного механизма (отсутствие регуляторных механизмов), появляются характерные симптомы и симптомы патологии. Здесь положительные модификации абсолютно успешны по сравнению с неуникальными (ПАРС = 9-10).

Вычисление ПАРС выполняется поэтапно с помощью набора правил, который учитывает последующие 5 критериев:

1. Суммарный эффект регуляции по показателям частоты пульса (ЧСС).
2. Общее изменение регуляторных механизмов через то же старое отклонение – SD (или через общую энергию спектра – TP).
3. Вегетативная стабильность в соответствии с жестким и быстрым набором признаков: Ин, RMSSD, HF, IC.
4. Активность сосудодвигательного центра, регулирующего сосудистый тонус, в соответствии с энергией спектра постепенных волн первого порядка (LF).
5. Активность сердечно-сосудистого подкоркового нерва среднего или надсегментарного уровней закона через энергию спектра постепенных волн второго порядка (VLF).

Для полной оценки параметров variability ишемической болезни сердца Р. М. Баевский предложил способ расчета показателя эффективности регуляторных систем (ПАРС) в соответствии с 5 критериями.

Ниже представлены критерии для оценки отдельных состояний и характеристик системы регуляции ритма сердца по данным его математического анализа [12] (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Критерии для оценки состояний и характеристик системы регуляции ритма сердца

Характеристики системы регуляции	Критерии для их оценки		
Суммарный эффект регуляции	rNN		
+ 2 Выраженная тахикардия	< 0.66		
+1 Умеренная тахикардия	< 0.80		
0 Нормокардия	0.8...1.0		
-1 Умеренная брадикардия	> 1.00		
-2 Выраженная брадикардия	> 1.20		
Автоматизм сердца	SDNN	dX	CV
+2 Стабильный ритм	< 0.02	< 0.10 M	< 2.0
+1 Выраженная синусовая аритмия	> 0.10	> 0.30 rNN	> 8.0
0 Умеренная синусовая аритмия	0.1 rNN...0.3 rNN		
-1 Нарушение автоматизма умеренное	> 0.45 rNN		
-2 Нарушение автоматизма выраженное	> 0.10	> 0.60 rNN	> 8.0
Вегетативный гомеостаз	dX	AMo	ИИ
+2 Выраженное преобладание СНС	< 0,06	> 80	> 500
+1 Умеренное преобладание СНС	< 0.15	> 50	> 200
0 Вегетативный гомеостаз сохранен	0.15...0.3	30...50	50...200
-1 Умеренное преобладание ПСНС	> 0.30	< 30	< 50
-2 Выраженное преобладание ПСНС	> 0.50	< 15	< 25
Устойчивость регуляции	CV		
+2 Дисрегуляция	< 3.0		
0 Устойчивая регуляция	3.0...6.0		
+2 Дисрегуляция	> 6.0		
Активность подкорковых нервных центров	VLF/TF	LF/TF	HF/TF
+2 Выраженное усиление активности ПНЦ	> 70%	> 25%	< 5%
+1 Умеренное усиление активности ПНЦ	> 60%		< 20%
0 Нормальная активность ПНЦ	40...60%		20...30%
-1 Умеренное ослабление активности ПНЦ	< 40%		> 30%
-2 Выраженное ослабление активности ПНЦ	< 20%		> 40%

Полученные значения суммируются и в итоге получают баллы ПАРС. Формулы для расчета вышеперечисленных параметров ВСР представлены в Приложении 2.

3.4 Данные

Данные для реализации проекта были взяты с ресурса PhysioNet [13]. Это научно-образовательный ресурс, предоставляющий бесплатный доступ к многочисленным большим коллекциям записанных физиологических сигналов и временных рядов и связанному с ними программному обеспечению с открытым исходным кодом для их изучения и анализа в поддержку фундаментальных, клинических и прикладных исследований в области медицины, физиологии, общественного здравоохранения, биомедицинской

инженерии и вычислительной техники, проектировании и оценки медицинских инструментов. Несмотря на то, что PhysioNet наиболее известен своими сборами данных о критической помощи, ЭКГ и сердечно-сосудистой системе, он курирует широкий спектр данных, собранных и предоставленных неврологами, клиническими неврологами и исследователями в смежных дисциплинах.

Каждая запись представлена двумя файлами:

- name.dat – файл, содержащий оцифрованные образцы сигналов;
- name.heu – файл, содержащий аннотацию.

Веб-интерфейс этого интернет-ресурса представляет собой довольно простой и понятный инструмент, который предоставляет возможность выбора различных функциональных возможностей для проведения различных видов исследований (рисунок 3.2).

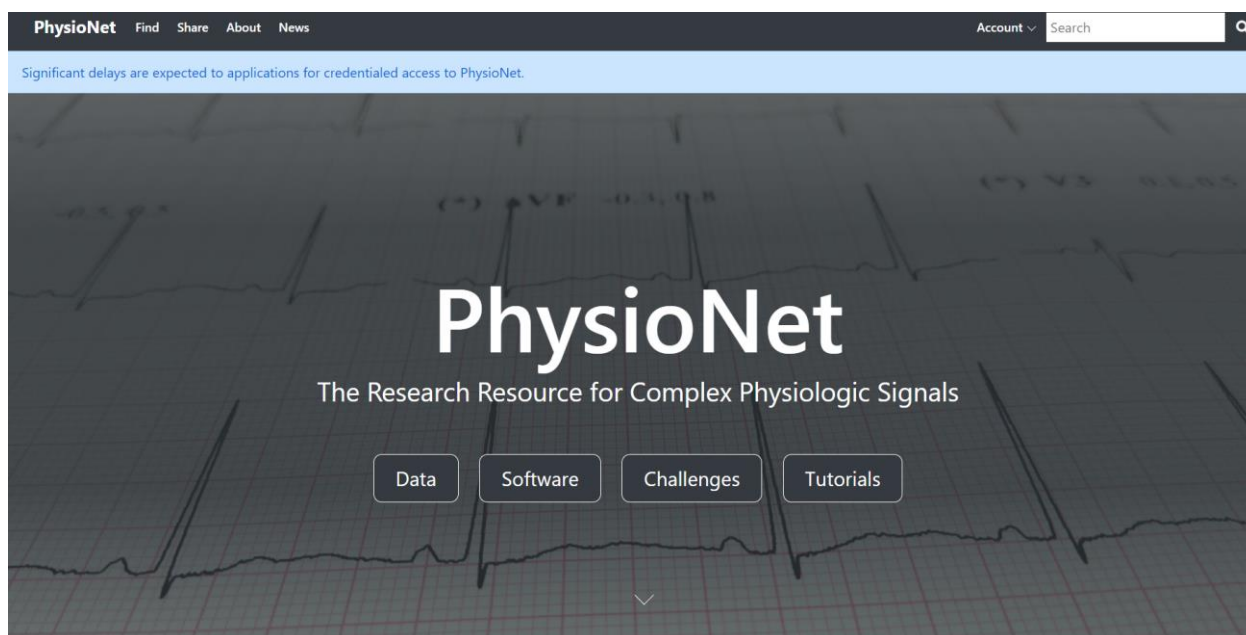


Рисунок 3.2 – Веб-интерфейс интернет-ресурса PhysioNet

4 Реализация

4.1 Определение QRS-комплекса

Для того, чтобы начать анализировать показатели ВСП было необходимо определить R-пики на предоставленных лентах ЭКГ. Для это использовались данные ЭКГ и алгоритм Пана-Томпкинса.

Это было реализовано на языке программирования C# с помощью фреймворка WinForms в среде разработки Microsoft Visual Studio 2019.

В приложении 3 представлен результат работы программы. На первом графике виден неотфильтрованный ЭКГ-сигнал и уже определенные R-пики. Необходимо отметить, что красные линии соответствуют одной секунде сигнала.

Далее сигнал идет на фильтр нижних частот, где убираются мелкие шумы. После предобработки сигнал идет через оператора производной для предоставления информации о наклоне QRS.

Затем, для улучшения поиска R-зубца сигнал проходит через квадратный фильтр, так при этом гасятся слабые сигналы и увеличиваются сильные. И в интеграторе применяется фильтр скользящего среднего, чтобы предоставить информацию о продолжительности комплекса QRS. Число выборки для усреднения выбирается таким образом, чтобы усреднять окна в 150 мс. Полученный таким образом сигнал называется интегрированным сигналом.

Полученный таким образом выходной сигнал обрабатывается детектором, который определяет наибольшие точки.

Затем с учетом задержек фильтров определенные R-пики попадают на первый график.

Для предварительного визуального анализа на экране дополнительно представлена скаттерограмма RR-интервала.

Визуализированный результат работы представлен в приложении 3.

4.2 База данных

Для последующей работы с полученными данными была создана база данных для хранения полученной информации и данных о сотрудниках.

Физическая модель представлена на рисунке 4.1.

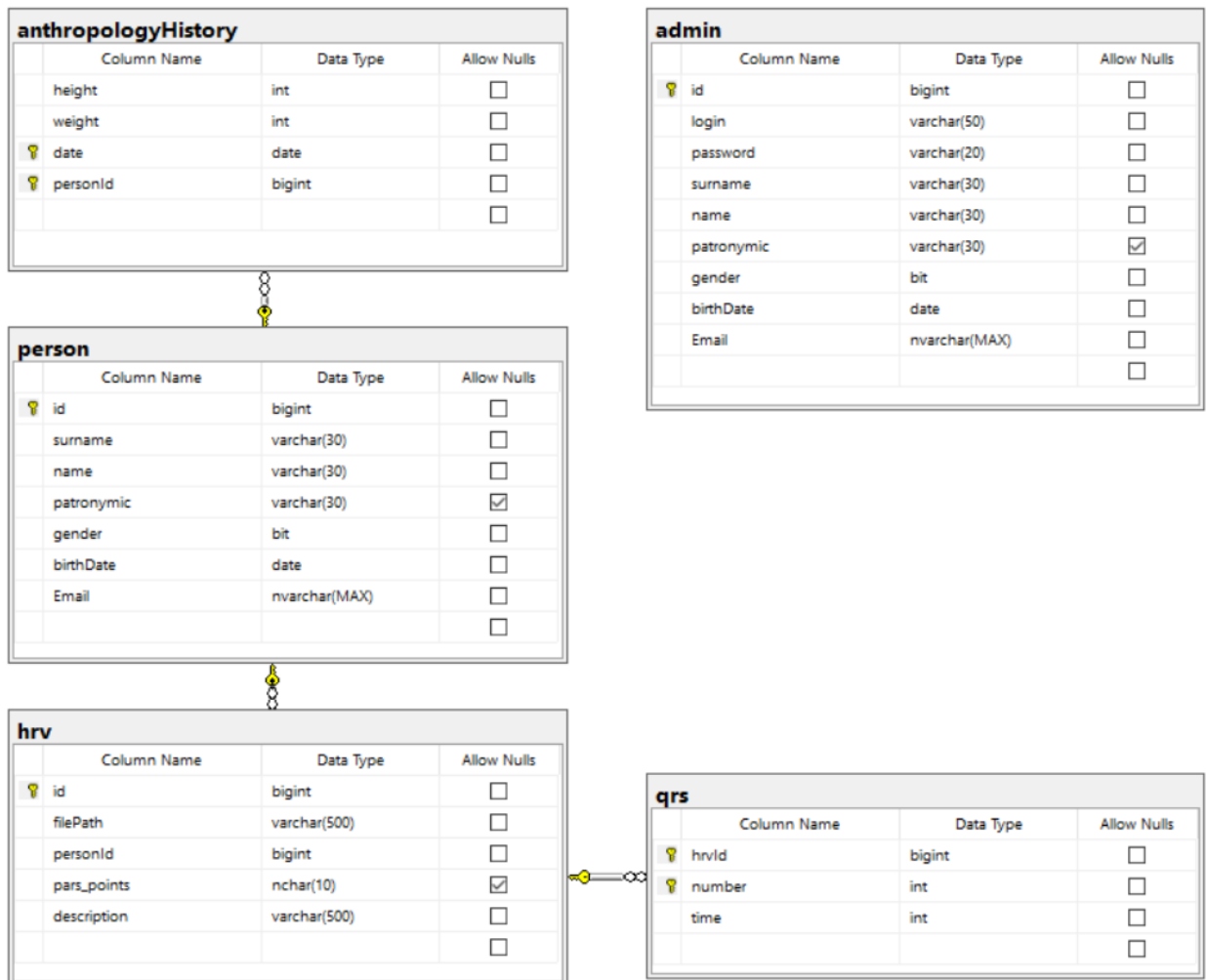


Рисунок 4.1 – Модель базы данных

В системе будет 2 роли: администратор и сотрудники. Сотрудники имеют следующие параметры: ФИО, пол, дата рождения, Email и историю по весу и росту.

Также для сотрудников есть записи о ВСР: путь до файла ЭКГ, баллы ПАРС, описание и информация об RR-интервалах.

Администратор имеет данные, необходимые для входа (логин и пароль), ФИО, пол, дата рождения и Email.

4.3 Архитектура приложения

Архитектура приложения представляет собой трехзвенное приложение MVC – Model View Controller:

1. Model (модель) – данные принимаются от контроллера, выполняются какие-то действия с ними и они отправляются в представление.
2. View (представление) – данные из модели принимаются и показываются пользователю.
3. Controller (контролер) – обрабатывает вводимые пользователем данные, проверяет данные и отправляет их в модель.

На рисунке 4.2 представлена активная модель взаимодействия компонентов.

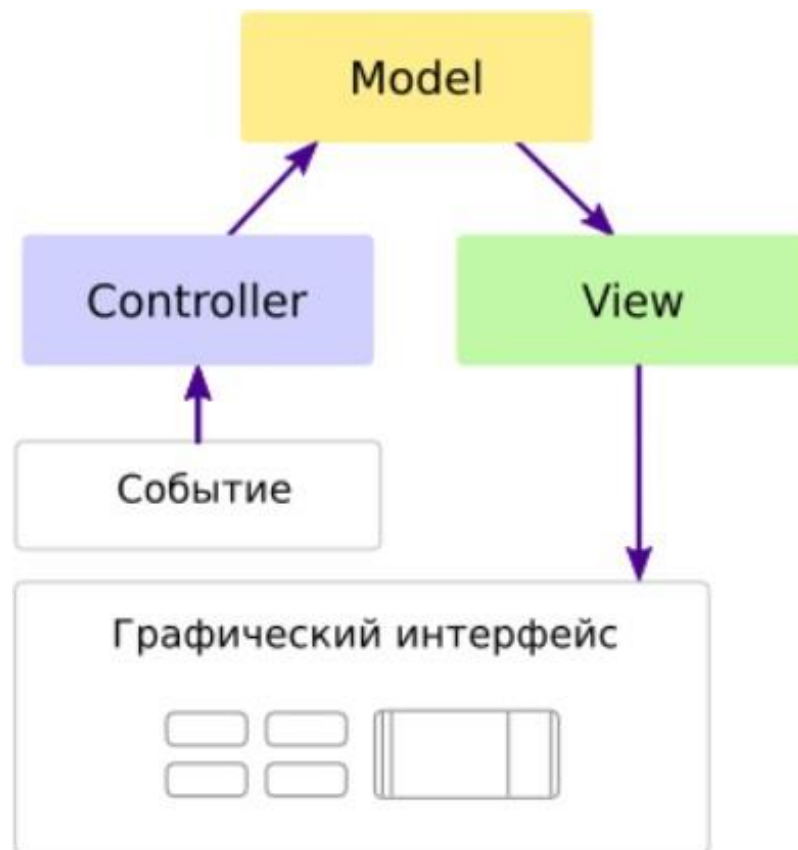


Рисунок 4.2 – Компоненты MVC

4.4 Разработка приложения

На рисунке 4.3 представлена структура созданного приложения. Она содержит несколько основных блоков:

1. **Controllers.** Оно содержит в себе все контролеры приложения, которые обрабатывают запросы от клиента и предоставляют запрошенную информацию.
2. **Models.** Здесь находятся модели сущностей, с которыми работает приложение, для непосредственной работы с базой данных.
3. **PanTompkins.** Этот блок предназначен для детектирования QRS-комплекса: чтение файла, преобразования, поиск R-пиков.
4. **Services.** В этом блоке находятся классы для работы с информацией. Это было сделано для того, чтобы в контролерах не было слишком много кода.
5. **ViewModels.** Здесь содержатся модели представлений. Так как не всегда в представление необходимо передавать все параметры сущности, либо необходимо вывести какую-либо дополнительную информацию. Поэтому в контроллере формируются дополнительные классы моделей.
6. **Views.** Данный блок представляет из себя файлы представлений для показа пользователю.

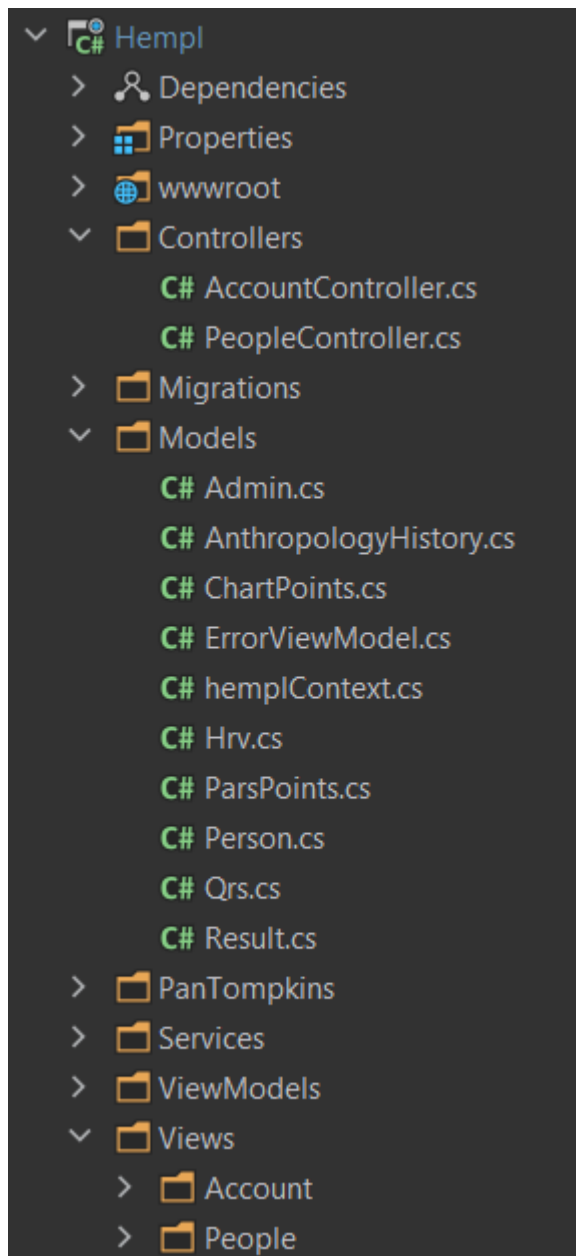


Рисунок 4.3 – Структура проекта

4.5 Работа приложения

При входе в приложение система требует пользователя авторизоваться. На этой же странице можно зарегистрироваться, если нет учетной записи (рисунок 4.4).

Для продолжения работы
войдите, пожалуйста

Email

gurzhapov00@gmail.com

Пароль

.....

Войти

а

Регистрация

Фамилия	Пол
<input type="text" value="Пушкина"/>	<input type="radio"/> Мужской <input checked="" type="radio"/> Женский
Имя	Дата рождения
<input type="text" value="Оксана"/>	<input type="text" value="05.02.1998"/> 📅
Отчество	Пароль
<input type="text" value="Петровна"/>	<input type="text" value="....."/>
Email	Подтвердить пароль
<input type="text" value="petrovna00@gmail.com"/>	<input type="text" value="....."/>
Логин	
<input type="text" value="petrovna"/>	

б

Рисунок 4.4 – Авторизация: а) вход в систему; б) регистрация в системе

При входе в систему пользователю дается право просматривать, добавлять/удалять сотрудников из системы, редактировать информацию о них, а также прикреплять к ним файлы электрокардиографии.

При добавлении ЭКГ система сразу же определяет R-пики на ленте электрокардиограммы, затем высчитывает ПАРС и вносит полученную информацию в базу данных.

Результат работы приложения показан на рисунках 4.5-4.8.

Сотрудники

[+ Добавить](#)
















Фамилия	Имя	Отчество	Пол	Дата рождения	Email	
Батуева	Арюна	Цыреновна	Ж	11.09.2001	a.batueva@mail.ru	  
Гуржапов	Виталий	Александрович	М	04.11.2000	gurzhapov00@gmail.com	  
Ильчубаев	Адиль	Муслимович	М	20.08.2001	adil.200191@gmail.com	  
Санжиев	Даши	Баирович	М	11.11.2000	dashi00@gmail.com	  
Волков	Михаил	Петрович	М	05.02.2011	jdkkvknsf@mail.ru	  

Рисунок 4.5 – Просмотр всех сотрудников

Добавить сотрудника

Фамилия

Имя

Отчество

 Мужской Женский

Дата рождения



Email

[Вернуться к списку](#)

Рисунок 4.6 – Добавление нового сотрудника

Редактировать

Фамилия

Волков

Имя

Михаил

Отчество

Петрович

Мужской Женский

Дата рождения

05.02.2011



Email

jdkkvknsf@mail.ru

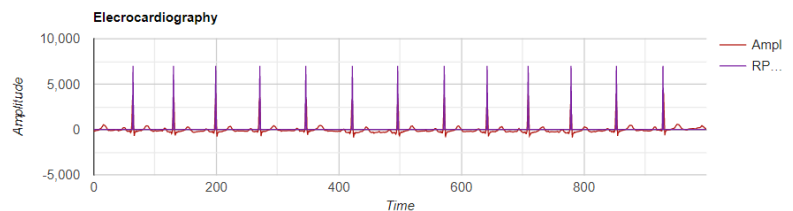
Сохранить

[Вернуться к списку](#)

Рисунок 4.7 – Редактирование информации о сотруднике

Подробнее о сотруднике

Фамилия Волков
Имя Михаил
Отчество Петрович
Пол М
Рост 180
Вес 75
Дата рождения 05.02.2011
Email jdkkvknsf@mail.ru



ПАРС: 6

Описание: Состояние выраженного напряжения регуляторных систем, которое связано с активной мобилизацией защитных механизмов, в том числе повышением активности симпатико-адреналовой системы и системы гипофиз-надпочечники

[Добавить ЭКГ](#) | [Редактировать](#) | [Вернуться к списку](#)

Рисунок 4.8 – Просмотр информации о сотруднике

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является определение оценки коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также планирование и формирование бюджета научных исследований, определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Научно-исследовательская работа направлена на разработку инструментальных средств для анализа информационной значимости компонентов состояния здоровья и показателей физической подготовки на основе результата анализа variability сердечного ритма.

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Целевой рынок обусловлен спецификой разрабатываемого специализированного сайта.

Объектом разработки является информационная система для оценки функционального состояния человека. Разработка будет использоваться прежде сотрудниками различных предприятий. Данная разработка позволит оценить уровень физического здоровья и потенциально дать советы по его улучшению.

5.2 Анализ конкурентных технических решений

В качестве отличительного критерия для выбора конкурентных технических решений используется платформа разработки web-приложения.

Рассмотрим следующие варианты:

Web-сайт на базе фреймворка ASP.Net Core;

Web-сайт на базе Ktor;

Web-сайт на базе Spring Boot.

Экспертная оценка основных технических характеристик данных продуктов представлена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _Ф	Б _{К1}	Б _{К2}	К _Ф	К _{К1}	К _{К2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
2. Время создания проекта	0,05	2	3	5	0,1	0,15	0,25
3. Требует ресурсов памяти	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
4. Система оплаты	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
5. Скорость работы	0,1	5	4	2	0,5	0,4	0,2
6. Кастомизация	0,1	5	4	1	0,5	0,4	0,1
7. Безопасность	0,1	5	3	2	0,5	0,3	0,2
8. Простота разработки	0,05	3	3	5	0,15	0,15	0,25
9. Потребность в дополнительных ресурсах	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							
10. Цена	0,05	5	4	2	0,25	0,2	0,1
11. Конкурентоспособность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
12. Цена продукта	0,1	2	4	5	0,2	0,4	0,5
13. Уровень проникновения на рынок	0,05	5	3	4	0,25	0,15	0,2
Итого	1				4,4	3,7	3,25

- Под критерием «скорость работы» подразумевается скорость обработки пакетов кода и его компиляции;
- Под критерием «гибкость разработки» возможность внесения изменений в структуру проекта, а также возможность детальной настройки компонентов проекта;
- Под критерием «безопасность» подразумевается уровень защиты базы данных;

- Под критерием «доступность» подразумевается цена использования платформы разработки.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность вида;

V_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Большую конкурентоспособность имеет решение на Фреймворке ASP.Net Core.

5.3 SWOT-анализ

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

На первом этапе SWOT анализа в таблице 5.2 были описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НИ.

Таблица 5.2 – Матрица SWOT анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Функциональная мощность С2. Гибкость разработки С3. Безопасность С4. Скорость работы	В1. Расширение целевого рынка В2. Большой прирост предприятий малого и среднего бизнеса В3. Стремление выделиться на фоне конкурентов
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Высокая цена Сл2. Сложность разработки Сл3. Использование единственной платформы Сл4. Длительное создание проекта	У1. Большая конкуренция У2. Малое количество подходящих хостингов У3. Рост продаж через социальные сети У4. Рост продаж через мобильные приложения

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. В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Возможно использование этой матрицы в качестве одной из основ для оценки вариантов стратегического выбора. Каждый фактор помечается либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Интерактивные матрицы проекта представлена в таблицах 5.3-5.4.

Таблица 5.3 - Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

	Сильные стороны				Слабые стороны				
		С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Возможности проекта	B1	+	+	+	+	+	-	-	-
	B2	+	+	+	+	+	0	0	-
	B3	+	+	0	0	-	+	+	-

Таблица 5.4 - Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

	Сильные стороны				Слабые стороны				
		С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
Угрозы проекта	У1	+	+	+	-	+	+	-	-
	У2	-	0	0	-	-	+	-	+
	У3	+	+	0	-	-	-	-	-
	У4	+	+	+	+	-	-	-	+

Матрица SWOT приведена в таблице 5.5.

Таблица 5.5 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	<p>С1. Функциональная мощность</p> <p>С2. Гибкость разработки</p> <p>С3. Безопасность</p> <p>С4. Скорость работы</p>	<p>Сл1. Высокая цена</p> <p>Сл2. Сложность разработки</p> <p>Сл3. Использование единственной платформы</p> <p>Сл4. Длительное создание проекта</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Расширение целевого рынка</p> <p>В2. Большой прирост предприятий малого и среднего бизнеса</p> <p>В3. Стремление выделиться на фоне конкурентов</p>	<p>Демонстрация клиентам возможностей, скорости и удобства системы по сравнению с аналогами.</p> <p>Возможность создания сайта с максимально широким функционалом и не стандартным интерфейсом.</p>	<p>Пересмотр ценовой политики; скидки для молодых компаний.</p> <p>Повышение опыта разработки за счет выполнения сложных проектов; повышение навыков разработчиков.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Большая конкуренция</p> <p>У2. Малое количество подходящих хостингов</p> <p>У3. Рост продаж через социальные сети</p> <p>У4. Рост продаж через мобильные приложения</p>	<p>Продвижение продукции с акцентированием на достоинствах системы.</p> <p>Внедрение функциональных возможностей популярных социальных сетей.</p>	<p>Пересмотр ценовой политики; повышение скорости разработки за счет использования готовых решений.</p> <p>Расширение числа используемых средств разработки.</p>

Было выявлено, что возможно появление дополнительного спроса на новый продукт, из-за высокой функциональности и удобства эксплуатации. Так же было выявлена необходимость расширения используемых средств разработки, повышение скорости разработки, а также пересмотреть ценовую политику.

5.4 Планирование работ по научно-техническому исследованию

5.4.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

5.4.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Оценим трудоемкость выполнения вышеозначенных работ. Для этого оценим минимальное и максимальное время выполнения каждой работы. Также произведем расчет ожидаемого значения трудоемкости по следующей формуле:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (4.2)$$

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

$t_{минi}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

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

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

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

5.4.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным представлением проведения научных работ является построение ленточного графика в форме диаграммы Ганта.

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

Для удобства построение графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (4.5)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Расчет коэффициента календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})} = \frac{365}{365 - 66} = 1,22$$

Расчет трудозатрат на выполнение проекта приведен в таблице 5.6. Для построения таблицы временных показателей проведения НИ был рассчитан коэффициент календарности. График проведения научного исследования представлен в рисунке 5.1. Для иллюстрации календарного плана была использована диаграмма Ганта, указывающая на целесообразность проведения данного исследования.

Таблица 5.6 – Временные показатели проведения научного исследования

№	Название работы	Исполнители	Трудоемкость работ, чел-дни			Длительность работ	
			t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	T_{pi}	T_{ki}
1	Составление и утверждение технического задания	р	4	5	4,4	4,4	6
2	Календарное планирование работ по теме	и, р	2	5	3,2	1,6	2
3	Подбор и изучение материалов по теме	и, р	9	17	12,2	6,1	8
4	Изучение уже существующих решений в данной области	и, р	9	13	10,6	5,3	7
5	Выбор инструментов разработки	и, р	5	10	7	3,5	5
6	Разработка структуры системы	и, р	5	10	7	3,5	5
7	Составление диаграммы вариантов использования	и	4	7	5,2	5,2	7
8	Проектирование базы данных	и	5	8	6,2	6,2	8
9	Разработка системы авторизации и аутентификации	и	7	12	9	9	11
10	Разработка функционала сотрудника и руководителя	и	10	15	12	12	15
11	Разработка макетов страниц	и	6	8	6,8	6,8	9
12	Выполнение верстки страниц	и	6	7	6,4	6,4	8
13	Подготовка готовых шаблонов к объединению	и	9	12	10,2	10,2	13
14	Внедрение верстки в проект	и	7	9	7,8	7,8	10
15	Отладка отображения	и	8	8	8	8	10
16	Оценка эффективности полученных результатов	и, р	9	8	8,6	4,3	6
17	Оценка целесообразности проведения дальнейших исследований по данной теме	и, р	2	3	2,4	1,2	2
Итого							132

Р – Научный руководитель; И– Инженер-программист

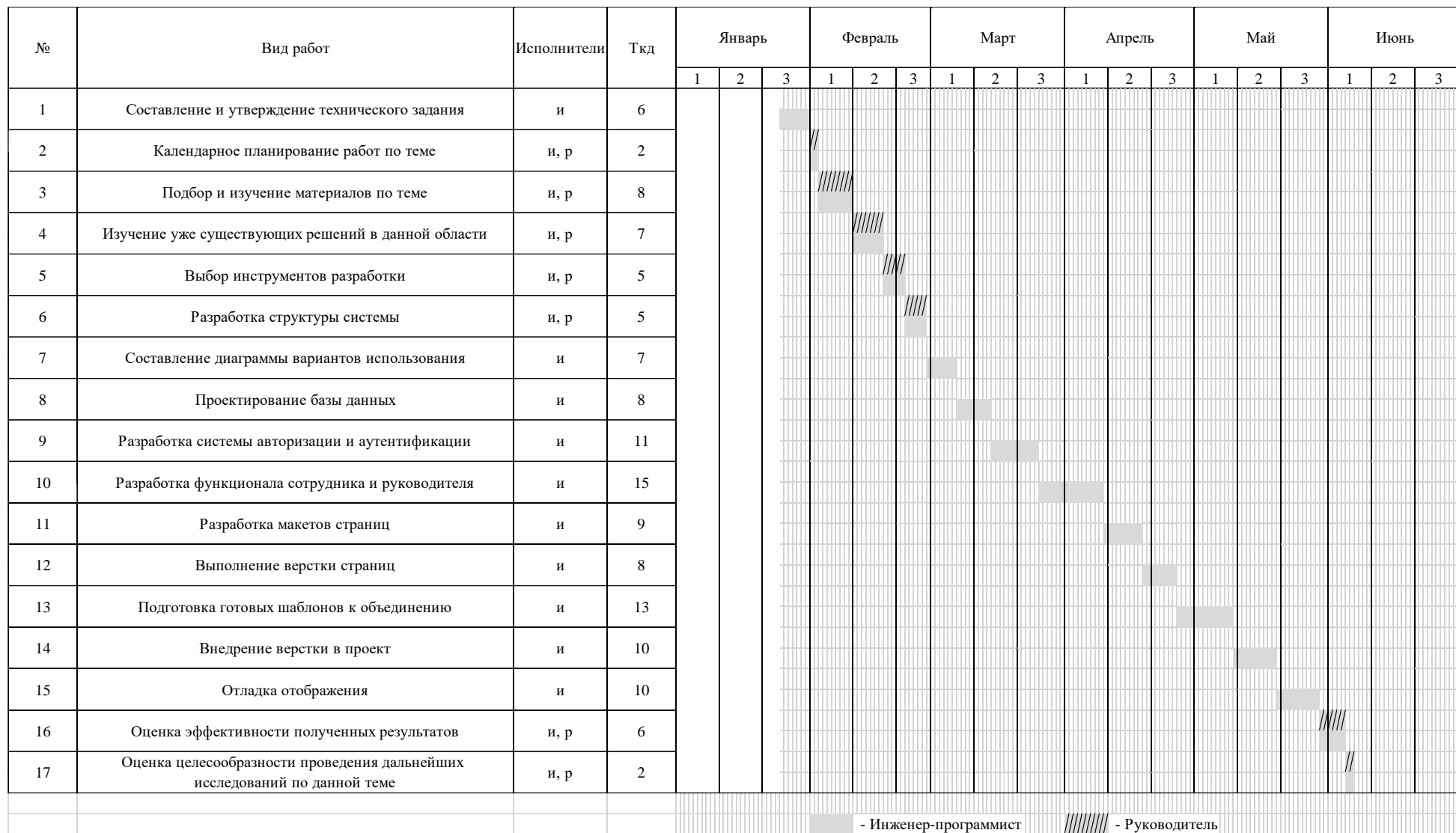


Рисунок 5.1 – График проведения научного исследования

5.5 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

1. Материальные затраты.
2. Затраты на спец. оборудование
3. Основная и дополнительная ЗП.
4. Социальные отчисления.
5. Прямые затраты.
6. Накладные расходы.

5.5.1 Расчет материальных затрат НТИ

При планировании бюджета научно-техническое исследование должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхи} , \quad (4.6)$$

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

$N_{расхи}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 5.7 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _М), руб.
Тетрадь для записей	Шт.	1	95	95
Ручка	Шт.	1	45	45
Электроэнергия	кВт*ч	500	2,8	1400
Итого, руб.				1540

Общие материальные затраты составили 1540 руб.

5.5.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Расчет затрат на специальное оборудование для научных целей включает в себя затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого при разработке проекта. Так как при работе студента над проектом во всех трех исполнениях используется один и тот же ПК, уже имеющийся на производстве и бесплатное программное обеспечение Microsoft Visual Studio Community. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 5.8.

Таблица 5.8 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, (З _м), тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Персональный компьютер	Шт.	1	1	1	40	40	40	40
Программное обеспечение (Microsoft Visual Studio Community)	Шт.	1	1	1	0	0	0	0
Итого:						40	40	40

5.5.3 Основная заработная плата исполнителя темы

В данную статью включается основная заработная плата (включая премии, доплаты) и дополнительная заработная плата участников проекта. Рассчитаем основную заработную плату исполнителей проекта.

Зарботная плата рассчитывается по формуле 4.8:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (4.8)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата исполнителя;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата исполнителя (12-20% от размера основной заработной платы $Z_{\text{осн}}$).

Основная заработная плата рассчитывается по формуле 4.9:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p * (1 + K_{\text{пр}} + K_{\text{д}}) * K_p, \quad (4.9)$$

где $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата, руб.

$K_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент (0,3);

$K_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (0,2-0,5);

K_p – районный коэффициент (для Томска – 1,3);

T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 4.10:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_M * M}{F_d}, \quad (4.10)$$

где Z_M – месячный должностной оклад исполнителя, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 рабочих дня $M = 11,2$ месяца, 5–дневная неделя; при отпуске в 48 рабочих дней $M = 10,4$ месяца, 6–дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени персонала по разработке.

Предположим, что размер месячного должностного оклада без учета коэффициента научного руководителя со степенью кандидата технических наук и должностью доцента 35 тыс. рублей, студента-ассистента без степени – 20 тыс. рублей. Баланс рабочего времени для 6-дневной рабочей недели [14] сформирован в таблицу 5.9.

Таблица 5.9 – Баланс рабочего времени (для 6-дневной недели)

Показатели рабочего времени	Дни
Календарные дни	365
Нерабочие дни (праздники/выходные)	66
Потери рабочего времени (отпуск/невыходы по болезни)	56
Действительный годовой фонд рабочего времени	243

Исходя из представленных данных была рассчитана среднедневная заработная плата:

$$Z_{\text{дн}}(\text{студент}) = \frac{20000 \cdot 10,4}{243} = 855,97 \text{ рублей}$$

$$Z_{\text{дн}}(\text{научный руководитель}) = \frac{35000 \cdot 10,4}{243} = 1497,94 \text{ рублей}$$

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 5.10.

Таблица 5.10 – Затраты на основную заработную плату

Исполнители	З _{дн} , руб.	К _{пр}	К _д	К _р	Т _р	З _{осн} , руб.
Студент	855,97	0,3	0,2	1,3	49	81787,93
Научный руководитель	1497,94	0,3	0,2	1,3	8	23367,86
Итого						105155,79

5.5.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает 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 рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (4.11)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,12.

Вычисление затрат на дополнительную плату приведен в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Затраты на дополнительную заработную плату

Исполнители	З _{осн} , руб.	К _{доп}	З _{доп} , руб.
Студент	81787,93	0,12	9814,55
Научный руководитель	23367,86	0,12	2804,14
Итого			12618,69

5.5.5 Отчисления во внебюджетные фонды

В качестве обязательных отчислений от затрат на оплату труда работника выступают отчисления органам государственного социального страхования, отчисления в пенсионный фонд и отчисления медицинского страхования.

Величина отчислений во внебюджетные фонды рассчитывается на основе затрат на оплату труда исполнителей вычисляется по формуле 4.12.

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (4.12)$$

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

Размер страховых взносов с учетом ставки на травматизм (1 класс профессионального риска) составляет 30,2%. Расчет затрат на отчисления во внебюджетные фонды приведен в таблице 5.12.

Таблица 5.12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	З _{осн} , руб.	З _{доп} , руб.	К _{внеб}	З _{внеб} , руб.
Студент	81787,93	9814,55	0,302	27663,95
Научный руководитель	23367,86	2804,14	0,302	7903,94
Итого				35567,89

5.5.6 Накладные расходы

Накладные расходы – дополнительные к основным затратам расходы, необходимые для обеспечения процессов производства, связанные с управлением, обслуживанием. Накладные расходы вычисляются по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}} \quad (4.13)$$

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

Расчет затрат на отчисления во внебюджетные фонды приведен в таблице 5.13.

Таблица 5.13 – Расчет накладных расходов

Статьи затрат	Сумма, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Материальные затраты НТИ	1540		
Затраты на специальное оборудование	40000	40000	40000
Затраты на основную заработную плату	105155,79		
Затраты на дополнительную заработную плату исполнителям проекта	12618,6948		
Затраты на отчисления во внебюджетные фонды	35567,89		
Коэффициент накладных расходов	0,16		
Накладные расходы	31181,18	31181,18	31181,18

5.5.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно–исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект приведено в таблице 5.14.

Таблица 5.14 –Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НИИ	1540	1540	1540	Пункт 4.5.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	40000	40000	40000	Пункт 4.5.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	105155,79	105155,79	105155,79	Пункт 4.5.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	12618,69	12618,69	12618,69	Пункт 4.5.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	35567,89	35567,89	35567,89	Пункт 4.5.5
6. Затраты на научные и производственные командировки	-	-	-	Отсутствуют
7. Контрагентские расходы	-	-	-	Отсутствуют
8. Накладные расходы	31181,18	31181,18	31181,18	Пункт 4.5.6
9. Бюджет затрат НИИ	226063,55	226063,55	226063,55	

Таким образом, общий бюджет НИИ составляет 185054,65 рубля.

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

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (4.14)$$

где $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{226063,55}{226063,55} = 1;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{226063,55}{226063,55} = 1;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{226063,55}{226063,55} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (4.15)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 5.15 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	4	3
3. Помехоустойчивость	0,15	3	4	4
4. Энергосбережение	0,15	4	3	4
5. Надежность	0,2	5	4	3
6. Материалоемкость	0,2	4	3	3
Итого	1	4,35	3,65	3,3

$$I_{p\text{-исп1}} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 = 4,35;$$

$$I_{p\text{-исп2}} = 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,65;$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 = 3,3.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}} = \frac{4,35}{1} = 4,35$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}} = \frac{3,65}{1} = 3,65;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}} = \frac{3,3}{1} = 3,3.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} \quad (4.16)$$

Таблица 5.16 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,35	3,65	3,3
3	Интегральный показатель эффективности	4,35	3,65	3,3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,84	0,76

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

6 Социальная ответственность

Введение

Целью выпускной квалификационной работы является разработка приложения для анализа состояния здоровья сотрудников. Программа позволит это делать на основе автоматического анализа variability сердечного ритма.

Потенциальными пользователями разработки являются люди различных предприятий и компаний. Поскольку здоровье сотрудников является ключевым фактором результативности предприятия, считается необходимым создать систему, которая позволит определить состояние здоровья, хоть и предварительно.

Пользователь с системой будет взаимодействовать через ПК, поэтому, в разделе будут рассмотрены правовые, организационные и производственные вопросы обеспечения безопасности человека при работе с системой. Будут проанализированы потенциальные вредные и опасные факторы, возникающие в ходе разработки инструмента и при эксплуатации его в системе, а также будут предложены мероприятия по их предотвращению. Будут рассмотрены вопросы негативного влияния на окружающую среду и возникновения потенциальных чрезвычайных ситуаций на рабочем месте при работе с системой.

Рабочее место разработчика данной системы будет состоять из рабочего стола, стула и персонального компьютера находящиеся в офисе размером 3*4м. Рабочими процессами будут являться проектирование и разработка системы.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основные положения отношений между организацией и сотрудниками, включая оплату и нормирование труда, выходных, отпуска содержится в Трудовом кодексе РФ.

Требования к организации рабочих мест пользователей:

- Рабочее место должно быть организовано с учетом эргономических требований согласно ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования» и ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам».

- Конструкция рабочей мебели (рабочий стол, кресло, подставка для ног) должна обеспечивать возможность индивидуальной регулировки соответственно росту пользователя и создавать удобную позу для работы. Вокруг ПК должно быть обеспечено свободное пространство не менее 60-120см;

- На уровне экрана должен быть установлен оригинал-держатель.

В соответствии с государственными стандартами и правовыми нормами обеспечения безопасности предусмотрена рациональная организация труда в течение смены, которая предусматривает:

- длительность рабочей смены не более 8 часов;
- установление двух регламентируемых перерывов (не менее 20 минут после 1-2 часов работы, не менее 30 минут после 2 часов работы);
- обеденный перерыв не менее 40 минут.

Обязательно предусмотрен предварительный медосмотр при приеме на работу и периодические медосмотры.

Каждый сотрудник должен пройти инструктаж по технике безопасности перед приемом на работу и в дальнейшем, должен быть пройден инструктаж по электробезопасности и охране труда.

6.2 Производственная безопасность

Производственные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-2015 подразделяются на опасные и вредные. Опасным производственным фактором называется фактор, воздействие которого приводит к травме или резкому ухудшению здоровья. Вредным производственным фактором является фактор, воздействие которого приводит к заболеванию или снижению работоспособности.

Возможные опасные и вредные факторы представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1. Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте в офисе

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
1. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	Требования к микроклимату, освещению и шумам устанавливаются СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [15] Требования к электробезопасности – ГОСТ 12.1.038-82 «Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов» [18]
2. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума	
3. Отсутствие или недостаток необходимого естественного освещения	
4. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	
5. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий	

6.2.1 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Недостаточная влажность, в свою очередь, может негативно отражаться на организме, становясь причиной пересыхания и растрескивания кожи и слизистой, а также последующего заражения болезнетворными микроорганизмами.

По степени физической тяжести работа программиста относится к категории работ 1а (лёгкие работы), так как основная часть работы происходит с использованием ЭВМ.

В соответствии с временем года и категорией тяжести работ определены допустимые величины показателей микроклимата согласно пункту 29 требований [15] и приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха, С ⁰	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория 1а	20-25	15-75	0,1
Теплый	Категория 1а	21-28	15-75	0,1

Для поддержания параметров микроклимата в оптимальных и допустимых границах в летнее время года следует использовать системы кондиционирования, в зимнее – системы центрального отопления.

6.2.2 Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещений

Недостаточная освещенность рабочей зоны является одним из важнейших потенциально вредных и опасных факторов, приводящих к появлению усталости глаз, головным болям и переутомлению, снижению производительности труда.

В рабочем помещении должны присутствовать естественное и искусственное освещение. Коэффициент естественного освещения должен быть не менее 1,2%. Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300–500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк. Яркость светящихся поверхностей, находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

Светильники местного освещения должны иметь непросвечивающий отражатель с защитным углом не менее 40 градусов. В качестве источников света при искусственном освещении следует применять люминесцентные лампы типа ЛБ и компактные люминесцентные лампы (КЛЛ).

6.2.3 Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума

Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ(А)) на слух человека приводит к его частичной или полной потере. Источником шума может служить система охлаждения компьютера, шум от ламп, принтеры, сканеры, вентиляторы.

Уровень шума на рабочих местах разработчика не должен превышать значений, установленных СНиП 23-03-2003 (п. 6) и составлять не более 65 дБА.

Таблица 6.3 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для работ, требующих высокой степени внимания и концентрации

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровень звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц					Скорость движения воздуха, м/с
	63	125	250	1000	4000	
Работа в помещениях с ПЭВМ	71	61	54	45	40	60

6.2.4 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий

Поражение электрическим током является опасным производственным фактором, т.к. при взаимодействии человека с ПК есть вероятность поражения электрическим током, контакт с которым может привести к электротравме, а в тяжелых случаях – к гибели человека. Поражение электрическим током может произойти из-за прикосновения к открытым токоведущим частям, находящимся под напряжением, плохой изоляции токоведущих частей компьютера, поэтому особенно важно обеспечить пользователя ПК электробезопасностью.

Значения напряжения прикосновения и токи при работе с ПК должны быть не выше значений, указанных в таблице 6.4 [18].

Таблица 6.4 – Предельно допустимые напряжения прикосновения и токи

Род тока	U, В	I, mA
	не более	
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Для обеспечения пользователя ПК электробезопасностью необходимо установить дополнительные оградительные устройства, обеспечивающие недоступность токоведущих частей для прикосновения, обеспечить защитное заземления или зануления (защитного отключения) электрооборудования.

Перед работой с ПК необходимо убедиться в целостности вилки и провода электропитания, в отсутствии видимых повреждений аппаратуры. Запрещается прикасаться к задней панели системного блока и переключать разъемы периферийных устройств работающего устройства.

В зависимости от условий в помещении опасность поражения человека электрическим током увеличивается или уменьшается. Согласно классификации помещений по электробезопасности выпускная квалификационная работа проводилась в помещении без повышенной опасности, характеризующемся наличием следующих условий:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50%;
- средняя температура около 24°C;
- наличие непроводящего полового покрытия [17].

6.2.5 Экологическая безопасность

В общем случае под охраной окружающей среды характеризуется различного рода мероприятиями влияющие на следующие природные зоны:

- селитебная зона;
- литосфера;
- атмосфера;
- гидросфера.

При разработке и эксплуатации проект имеет влияние только лишь на литосферу. Анализ воздействия на нее сводится к обычному бытовому мусору и отходам и жизнедеятельности человека. В случае выхода из строя ПК, они списываются и отправляются на специальный склад, который при необходимости принимает меры по утилизации списанной техники и комплектующих. В целом, утилизация ламп предполагает передачу использованных ламп предприятиям – переработчикам, которые с помощью специального оборудования перерабатывают вредные лампы в безвредное сырье – сорбент, которое в последующем используют в качестве материала для производства, например, тротуарной плитки.

Для уменьшения плохого влияния на литосферу отходы должны пройти этапы технологического цикла отходов, подлежащих ликвидации, и утилизированы в соответствие со своим классом.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При разработке инструмента и эксплуатации его в системе возможно возникновение следующих чрезвычайных ситуаций различного происхождения:

- природного (землетрясение);
- техногенного (пожары, взрывы, внезапное обрушение зданий, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения, аварии на электростанциях);
- биолого-социального (эпидемии, терроризм).

Наиболее вероятной ЧС на рабочем месте в помещении, оборудованном ПК, является возникновение пожара. Это может происходить по причине неисправности аппаратуры, неправильного использования электрооборудования, незнание мер безопасности и их пренебрежение.

Для обеспечения пожарной безопасности необходимо устранить потенциальные причины возникновения пожара в электрооборудованиях – это предупреждение замыкания правильным выбором, монтажом и эксплуатацией сетей, работа только с исправным оборудованием и электропроводкой.

Согласно техническому регламенту (НПБ 105-03) о требованиях пожарной безопасности по пожарной и взрывопожарной опасности помещения производственного и складского назначения независимо от их функционального назначения подразделяются на следующие категории:

1. повышенная взрывопожароопасность (А);
2. взрывопожароопасность (Б);
3. пожароопасность (В1 - В4);
4. умеренная пожароопасность (Г);
5. пониженная пожароопасность (Д).

В офисе присутствуют лишь горючие и трудно горючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), категория производственного помещения – Г (умеренная пожароопасность).

На основании Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 30.04.2021) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" возможный пожар может относиться к классу Е - пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением. Первичными средствами пожаротушения здесь являются огнетушители и покрывала для изоляции очага возгорания.

К противопожарным мероприятиям в помещении относят следующие мероприятия:

- помещение должно быть оборудовано: средствами тушения пожара (огнетушителями, ящиком с песком, стендом с противопожарным инвентарем); средствами связи; должна быть исправна электрическая проводка осветительных приборов и электрооборудования.

- каждый сотрудник должен знать место нахождения средств пожаротушения и средств связи; помнить номера телефонов для сообщения о пожаре и уметь пользоваться средствами пожаротушения.

Помещение обеспечено средствами пожаротушения в соответствии с нормами:

1. пенный огнетушитель ОП-10 – 1 шт.
2. углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.

Вынужденная эвакуация при пожаре протекает в условиях нарастающего действия опасных факторов пожара. Кратковременность процесса вынужденной эвакуации достигается устройством эвакуационных путей и выходов, число, размеры и конструктивно-планировочные решения которых регламентированы строительными нормами СНиП 21-01-97.

Для предотвращения возникновения пожара необходимо проводить следующие профилактические работы, направленные на устранение возможных источников возникновения пожара:

- периодическая проверка проводки;
- отключение оборудования при покидании рабочего места;
- проведение с работниками инструктажа по пожарной безопасности.

Для увеличения устойчивости помещения к ЧС необходимо устанавливать системы противопожарной сигнализации, реагирующие на дым и другие продукты горения. Оборудовать помещение огнетушителями, планами эвакуации, а также назначить ответственных за противопожарную безопасность. Согласно НПБ 166-97 необходимо проводить своевременную проверку огнетушителей. Два раза в год (в летний и зимний период) проводить учебные тревоги для отработки действий при пожаре.

6.4 Вывод по разделу

В результате работы по данному разделу были выявлены основные акты для обеспечения безопасности жизни в ходе осуществления ВКР. Были уставлены характеристики освещения, показателя шума, микроклимата на рабочем месте в соответствии с рекомендуемыми значениями.

Рабочее место, использованное при разработке организации, удовлетворяет всем требованиям безопасности, правилам и нормам, нужным работнику категории Ia. Степень шума находится в допустимом диапазоне. Микроклиматические условия соблюдаются за счет организации отопления в холодное время и проветривания в теплое время. Согласно ПУЭ рабочее место относится к 1 категории по электробезопасности: без повышенной опасности. Для работы в офисе персоналу присваивается 1 группа по электробезопасности. Само помещение относится к категории В по пожарной опасности.

Благодаря этому сохраняется эффективность работы за ПК в течение рабочего дня.

Список использованных источников

1. Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клиническая информатика и телемедицина. – 2004. – № 1. – С. 54–64.
2. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем (методические рекомендации) // Вестник аритмологии. – 2001 – ВАН24 от 02/03/2002, – С. 65
3. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс] // URL: <http://www.who.int/ru/> (дата обращения 07.05.22).
4. Дудникова Е.А. Временные соотношения элементов ЭКГ и частоты сердечных сокращений человека в покое [Электронный ресурс] // URL: <https://cyberleninka.ru/article/> (дата обращения 07.05.22).
5. Алиева А.М. Variability сердечного ритма при хронической сердечной недостаточности [Электронный ресурс] // URL: <https://cyberleninka.ru/article/> (дата обращения 08.05.22).
6. Меньшикова И.Г. Основы клинической электрокардиографии [Электронный ресурс] // URL: <https://www.amursma.ru/> (дата обращения 23.05.22).
7. Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма: физиологические основы и основные методы проведения [Электронный ресурс] // URL: <https://cardiometry.net/media/rus/> (дата обращения 08.05.22).
8. Иваницкий, М.Ф. Анатомия человека [Электронный ресурс]: учебник для высших учеб. заведений физ. культуры / 14-е изд. - М.: Спорт, 2014. - 624 с.- URL: <https://lib.rucont.ru/efd/641133> (Дата обращения: 26.05.2022г.)
9. Butta Singh, Программные средства для анализа variability сердечного ритма [Электронный ресурс] // URL:

- <https://recentscientific.com/sites/> (дата обращения 08.05.22).
10. Krzysztof Kudryński, Computer Software tool for heart rate variability (HRV), T-wave alternans (TWA) and heart rate turbulence (HRT) analysis from ECGs [Электронный ресурс] // URL: <https://www.researchgate.net/> (дата обращения 09.05.22).
 11. J. Pan, W.J. Tompkins, A Real – Time QRS Detection Algorithm // Transactions on biomedical engineering. – 1985. С. 230 – 236.
 12. Трифонова Т.А., Оценка адаптационного состояния студентов [Электронный ресурс] // URL: <http://www.vestar.ru/> (дата обращения 09.05.22).
 13. PhysioNet [Электронный ресурс] // URL: <https://www.physionet.org/> (дата обращения 23.05.22).
 14. Производственный календарь на 2022 год для шестидневной рабочей недели [Электронный ресурс] / КонсультантПлюс. – URL: <http://www.consultant.ru/> (Дата обращения: 25.05.2022).
 15. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. – М.: Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов, 2021. – 496 с.
 16. ГОСТ 12.1.003-2014 Шум. Общие требования безопасности» Общие требования безопасности труда. – М.: Стандартинформ, 2015. – 13 с.
 17. ППБ 01-03. Правила пожарной безопасности в Российской Федерации. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. – 111 с.
 18. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М: Издательство стандартов, 2001. - 7 с.

Приложение 1

Особенности различных программных средств для оценки ВСР

Приложение	Особенности	Формат данных	Временной анализ	Частотный анализ	Нелинейный анализ	Доступен бесплатно	Платформы
Kubios	Обнаружение QRS, коррекция артефактов, спектральная факторизация и оценка частоты дыхания	.edf, .pdf, .txt, .acq, polar .mat и .gdf	Да (Средний RR, SDNN, RMSSD, NN50, pNN50, TINN, RR Треугольный индекс.)	Фурье, AR(VLF, LF, HF), LF/HF	Да	Да	Linux, windows (Matlab)
gHRV	Оценка на основе фреймов, удаление выбросов, автоматическая и ручная фильтрация, удаление артефактов, портативный инструмент, разработанный на python.	Файлы WFDB, ASCII, файлы IBI ASCII, мониторы сердечного ритма polar и suunto (файлы HRM и SDF/STE)	Да	Да	Да	Да	Linux, windows OS X (Matlab)
RHRV	Статистический расчет, R-язык программирования.	Тип данных IBI	Да	Фурье, AR	Да	Да	Linux, windows
KARDIA	Определяемая пользователем выборка, загрузка данных от многих субъектов одновременно и вычисление средней статистики ПЦР и ВСР, анализ IBI.	файлы .txt, файлы .mat.	Да	Фурье, AR	Да	Да	Linux, Window (Matlab)
VARVI	Позволяет анализировать ВСР во время просмотра испытуемым серии видеороликов (визуальные стимулы)	Совместимость с gHRV и RHRV	Да	Фурье	Да	Да	Linux, mPlayer, PyBlueZ
aHRV	Сегментированный анализ	Текстовый файл ASCII,	Да	Фурье, AR	Да	Да	Window

	ЭКГ, расширенные возможности определения тренда, информативный лист отчета для печати.	.txt, .pdf, .mat, двоичные файлы, .edf					
POLYAN	Анализ нескольких одновременных сигналов, неинвазивный метод, используемый для нейровегетативной оценки, барорефлективная чувствительность, гибкий	Необработанные временные ряды (период работы сердца, систолическое и диастолическое артериальное давление, мгновенный объем легких).	Да	Фурье, AR	Да	Да	Window (Matlab)

Приложение 2

Расчет *основных параметров variability* должен включать в себя следующие показатели: ЧСС (HR) определяется как количество NN-интервалов в записи, деленное на продолжительность их записи:

$$HR = 60 \cdot 1000 \cdot \frac{n}{\sum_{i=1}^n NN_i (\text{мс})} \quad (\text{в } 1/\text{мин});$$

- *среднее значение*:

$$\bar{x} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i (\text{мс}),$$

где x_i - значение i -го квантованного элемента функции $x(t), i=1, 2, \dots, N$;

- *дисперсия* приравняется к своему выборочному (эмпирическому) значению и рассчитывается по формуле:

$$D = \frac{1}{(N-1)} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 (\text{мс}^2);$$

- *среднеквадратическое отклонение (SDNN)* или σ - определяется как корень квадратный из дисперсии:

$$\sigma = \sqrt{D} (\text{мс});$$

- *коэффициент вариации (CV)* заменяется своей эмпирической характеристикой и рассчитывается как отношение (в процентах) среднеквадратического отклонения к соответствующему математическому ожиданию:

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100\%;$$

- *RMSSD* - *среднеквадратичная разностная характеристика (root mean sum successful devitlon)* рассчитывается по формуле:

$$RMSSD = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} (NN_i - NN_{i+1})^2 (\text{мс})};$$

- *PNN50* - процентное отношение NN-интервалов, разностные характеристики которых $(x_i - x_{i-1}) > 50$ мс, к общему количеству NN-интервалов.

По вариационной пульсограмме определяются следующие показатели:

- *амплитуда моды (АМо)* - значение ординаты гистограммы в %, соответствующее моде (Мо).
- *вариационный размах (MxDMn)* является разницей между наименьшим и наибольшим значениями динамического ряда R-R интервалов:

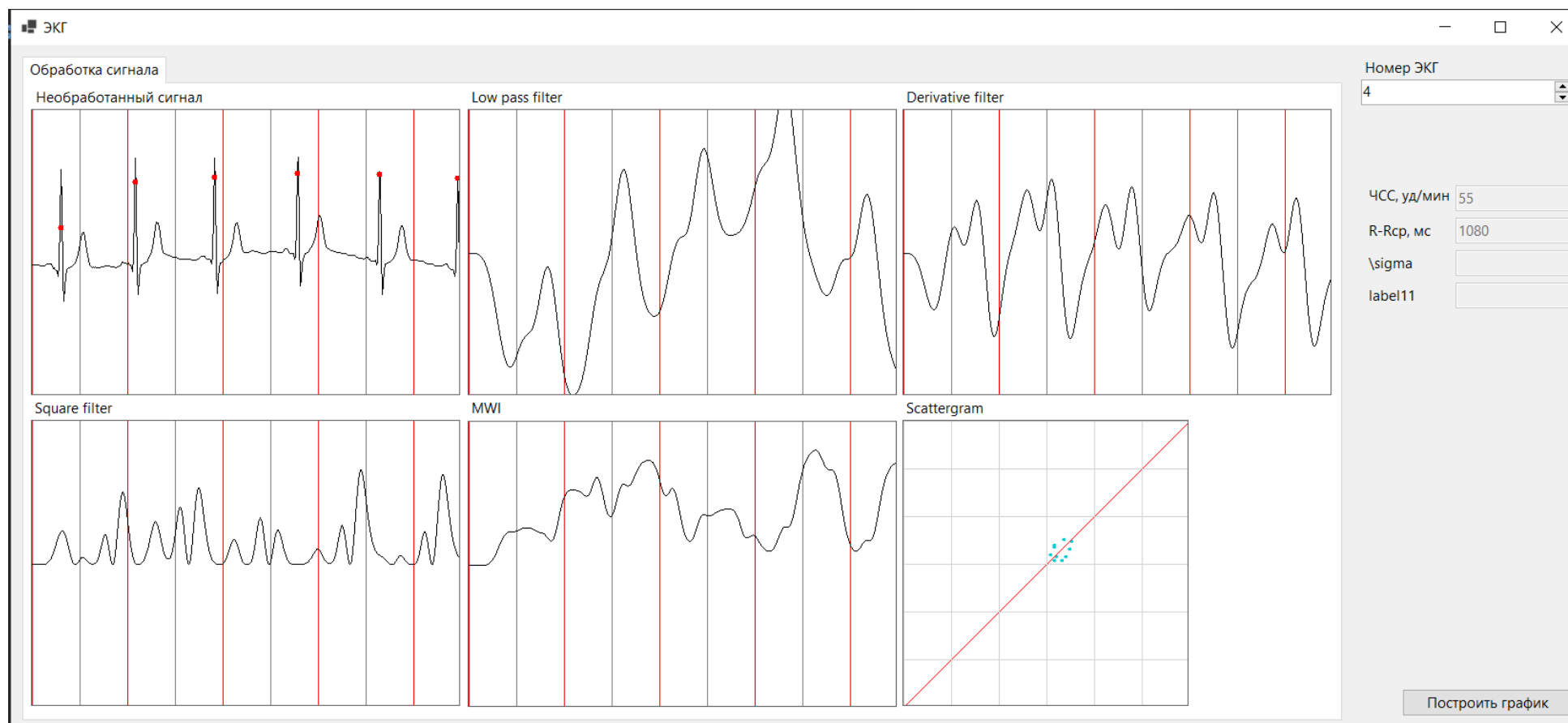
$$MxDMn = x_{\max} - x_{\min} \text{ (мс);}$$

При этом для более точного определения показателя MxDMn целесообразно использовать в качестве x_{\max} и x_{\min} не средние значения крайних диапазонов вариационной пульсограммы, а реальные максимальное и минимальное значения NN-интервалов, полученные после исключения из динамического ряда по 1% крайних значений. Кроме того полезным показателем является отношение максимального к минимальному значению R-R интервалов:

$$MxRMn = \frac{x_{\max}}{x_{\min}};$$

- *стресс индекс (индекс напряжения регуляторных систем — SI)* вычисляется путем деления амплитуды моды на удвоенное произведение моды на размах:

$$SI = \frac{Amo \cdot 100\%}{2 \cdot Mo(c) \cdot MxDMn(c)};$$



Результат работы программы определения R-пиков