

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 27.04.01 Стандартизация и метрология  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
<b>Оценка влияния экзаменационного стресса на психо-эмоциональное состояние студентов методом линейного дискриминантного анализа</b>

УДК 378.244.3:159.942:519.25

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Зуева Дарья Юрьевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Наталинова Наталья Михайловна	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	к.х.н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Николаенко Валентин Сергеевич			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.-м.н., с.н.с		
Руководитель ОАР ИШИТР	Леонов Сергей Владимирович	к.т.н.		

Томск – 2019 г.

## Планируемые результаты обучения по направлению 27.04.01

### «Стандартизация и метрология»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<b>Профессиональные компетенции</b>		
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОК-12, 13, 15, 16, 19; ПК- 17, 18, 19, 21, 22, 26). Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P2	Выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров, устанавливать оптимальные нормы точности и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов, кроме того, уметь принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-5, ПК-3, 4, 8, 12, 23, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P3	Выполнять работы в области стандартизации и сертификации: по созданию проектов стандартов, методических и нормативных материалов и технических документов, по нормоконтролю и экспертизе технической документации, участвовать в проведении сертификации продукции, услуг, систем качества и систем экологического управления предприятием, участвовать в аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий	Требования ФГОС (ОК-17, 19; ПК-1, 6, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 18, 21, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P4	Выполнять работы в области контроля и управления качеством: участвовать в оперативной работе систем качества, анализировать оценку уровня брака и предлагать мероприятия по его предупреждению и устранению, участвовать в практическом освоении систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-3, 9, 15, ПК-2, 5, 11, 12, 13, 15, 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P5	Использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; проводит анализ затрат на обеспечение требуемого качества и деятельности подразделения, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	Требования ФГОС (ОК-8, 9, 18, ПК-10, 25). Критерий 5 АИОР (п.2.1, 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
<b>Универсальные компетенции</b>		
P6	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3, 4, 5). Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-3, 18, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

Код результата	Результат обучения (выпускник должен)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-17,19). Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-1, 13, 14, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6, 7). Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI

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 27.04.01 Стандартизация и метрология  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Казаков В.Ю.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
--------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ71	Зуевой Дарье Юрьевне

Тема работы:

«Оценка влияния экзаменационного стресса на психо-эмоциональное состояние студентов методом линейного дискриминантного анализа»	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1097/с от 12.02.2019г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019 г.
--	---------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b>  <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>Организация исследования влияния экзаменационного стресса на параметры психо-эмоционального состояния студентов.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Обзор существующих методов оценки параметров психо-эмоционального состояния человека. Электрофизиологические параметры ЭКГ, ЭЭГ, КГР;  2 Разработка алгоритма исследования психо-эмоционального состояния;  3 Реализация эксперимента. Снятие показаний, обработка данных и анализ результатов;  4 Социальная ответственность;  5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение;  6 Раздел, выполненный на английском языке.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация, выполненная в программе Microsoft Power Point</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>В.С. Николаенко</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Н.А. Атепаева</p>
<p>Раздел, выполненный на английском языке</p>	<p>А.В. Диденко</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>The methods to register electrophysiological indicators of the human</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>28.01.2019 г.</p>
--	----------------------

**Задание выдал руководитель ВКР:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОЭИ</p>	<p>Наталинова Наталья Михайловна</p>	<p>К.Т.Н.</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8ГМ71</p>	<p>Зуева Дарья Юрьевна</p>		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ71	Зуева Дарья Юрьевна

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение школы (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, ставки налоговых отчислений во внебюджетные фонды, районный коэффициент по г. Томск.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	– Потенциальные потребители результатов исследования; – Анализ конкурентных технических решений;
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	– Структура работ в рамках научного исследования – Определение трудоемкости выполнения работ – Разработка графика проведения научного исследования – Бюджет научно-технического исследования

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

_____
-------

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	29.03.2019
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОСГН ШБИП	Николаенко Валентин Сергеевич			29.03.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Зуева Дарья Юрьевна		29.03.2019

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ71	Зуевой Дарье Юрьевне

Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	Отделение автоматизации и робототехники
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	27.04.01 Стандартизация и метрология

Тема ВКР:

<b>«Оценка влияния экзаменационного стресса на психо-эмоциональное состояние студентов методом линейного дискриминантного анализа»</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Вопросы, связанные с организацией рабочего места инженера в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны окружающей среды. Объектом исследования являются данные, полученные с помощью приборов в лаборатории.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	– ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) – ГОСТ 12.2.032-78 «ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования».
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	В качестве вредных факторов выделены: повышенный уровень электромагнитных излучений, недостаточная освещенность рабочей зоны, нервно-психические перегрузки.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Рассматриваются воздействия на окружающую среду при утилизации средств измерений и электрических приборов.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Существует вероятность возникновения техногенных ЧС, особенно пожаров.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.03.19
--	----------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Атепаева Наталья Александровна			14.03.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Зуева Дарья Юрьевна		14.03.2019

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 27.04.01 Стандартизация и метрология  
 Уровень образования Магистратура  
 Отделение школы (НОЦ) Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения осенний / весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2019 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.03.2019	Обзор существующих методов оценки параметров психо-эмоционального состояния человека. Электрофизиологические параметры ЭКГ, ЭЭГ, КГР	20
18.04.2019	Разработка алгоритма исследования психо-эмоционального состояния	25
26.04.2019	Реализация эксперимента. Снятие показаний, обработка данных и анализ результатов	30
30.04.2019	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
08.05.2019	Социальная ответственность	10
20.05.2019	Выполнение раздела на иностранном языке	5

Составил руководитель ВКР:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Наталинова Наталья Михайловна	к.т.н.		

**СОГЛАСОВАНО:**  
Руководитель ООП

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Казаков Вениамин Юрьевич	к.ф.-м.н., с.н.с.		

## Реферат

Диссертационная работа содержит 123 с., 22 рис., 7 табл., 46 источников.

Ключевые слова: экзаменационный стресс, психо-эмоциональное состояние, электрокардиография, электроэнцефалография. Кожно-гальваническая реакция.

Объектом исследования является психо-эмоциональное состояние студентов, а в частности, такие электрофизиологические параметры, как электрокардиограмма, электроэнцефалограмма и кожно-гальваническая реакция.

Целью работы является исследование показателей психо-эмоционального состояния человека методом линейного дискриминантного анализа.

В процессе исследования были рассмотрены методы и технические средства для оценки психо-эмоционального состояния человека. Произведено описание метода обработки электрофизиологических сигналов для оценки психо-эмоционального состояния человека, а также разработана программа и методики исследования ПЭС на добровольцах.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	12
1 Аналитический обзор методов и технических средств для оценки психо-эмоционального состояния человека	17
1.1 Понятие ПЭС и его влияние на здоровье человека	17
1.2 Методы оценки ПЭС	21
1.3 Электрофизиологические методы оценки ПЭС	25
1.3.1 Электрокардиографический метод исследования	26
1.3.2 Электроэнцефалография	32
1.3.3 Оценка кожно-гальванической реакции	45
2 Описание используемых технических средств для оценки психо-эмоционального состояния человека на наносенсорах	53
2.1 Обоснование технических требований к измерительным схемам и программному обеспечению	53
2.2 Аппаратно-программный комплекс	54
2.3 Устройство для съема наносенсорами ЭКГ и КГР	58
3 Описание метода обработки электрофизиологических сигналов для оценки психо-эмоционального состояния человека	61
3.1 Описание метода обработки электрофизиологических сигналов для оценки ПЭС человека, зарегистрированных наносенсорами	61
4 Предварительные исследования влияния экзаменационного стресса на психо-эмоциональное состояние	66
4.1 Научная новизна программы	66
4.2 Цели, задачи, практическое значение программы	66
4.3 Дизайн исследования	67
4.4 Методика проведения исследований	69
	10

4.5 Анализ полученных результатов	74
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	85
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	85
5.2 Анализ конкурентных технических решений	86
5.3 Структура работ в рамках научного исследования	88
5.4 Определение трудоемкости выполнения работ	89
5.5 Определение бюджета научно-технического исследования	91
5.5.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	92
5.5.2 Расчет основной заработной платы исполнителей темы	93
6 Социальная ответственность	96
6.1 Правовые и организационные работы обеспечения безопасности	97
6.1.1 Эргономические требования к рабочему месту	97
6.1.2 Особенности законодательного регулирования проектных решений	97
6.2. Производственная безопасность	98
6.2.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении	99
6.2.2 Недостаток естественного освещения	101
6.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны	101
6.2.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений	103
6.2.5 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	105
6.3 Экологическая безопасность	106
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	107
Выводы по разделу «Социальная ответственность»	109
Список использованных источников	110
Приложение А	115

## ВВЕДЕНИЕ

Эмоции являются неотъемлемой частью существования человека, сопровождающей его на протяжении всей жизни и участвующей во всех сферах его деятельности. При восприятии окружающей информации сенсорная сущность определяемых понятий объектов проходит обработку мозгом и находит свое отражение в эмоциональной реакции человека. Таким образом, эмоции имеют когнитивную природу и взаимодействуют с математическими, перцептивными и вербальными функциями человека, что включает ее в любую мыслительную деятельность в том числе: исполнение профессиональных обязанностей, формирование отношения к концепциям объектов восприятия, принятие любых решений, регуляция поведения, определение собственно социальной роли и др. [1].

Переживаемые человеком эмоции закрепляют отношение человека к пережитому опыту и формируют в нем определенные страхи, комплексы, которые в дальнейшем оказывают влияние на его поведение. Под влиянием данных комплексов и страхов человек склонен принимать заведомо ошибочные решения, мешать собственной реализации как личности.

Например, избегать любой конфронтации с другими людьми из-за неуверенности в себе, сформированной эмоционально негативно окрашенным опытом в прошлом. Такое поведение не только может негативно сказаться на психологическом здоровье человека, но, так же, повлиять на деятельность окружающих, например, приведя к саботажу работы бригады работников, снижению эффективности самого человека или возникновению производственной ошибки на рабочем месте. Кроме этого, возникшие комплексы могут стать причиной самоисключения человека из социума, развитию девиантного поведения, которое в некоторых случаях может быть опасно для человека и его окружения.

Другим негативным аспектом, воздействия эмоций и неразрешенного негативного опыта является соматизация внутренних переживаний и

появление у человека соматоформных заболеваний, представляющих серьезную угрозу здоровью человека.

С развитием общества и переходом его на новые уровни развития роль негативного информационного влияния эмоций на жизнь человека продолжает расти. В современном мире человеку приходится сталкиваться с огромным количеством информации, соблюдать быстрый темп работы и постоянно выдерживать социальное давление со стороны окружающих. В процессе работы, при социальном взаимодействии, принятии решений, выполнении сложных физических действий и когнитивной работе человек испытывает различные формы эмоционального стресса.

Стресс как массовое явление ментального состояния широко распространен в различных странах. Ему подвержена значительная часть населения в различных странах. Так, например, по одному из исследований в США данная часть населения составляет 40%, в Японии – 60%, Австралии – 35%, а во Франции 40% [2]. Стресс, при коротком воздействии, не оказывает значительного губительного влияния на здоровье человека, но его длительное воздействие, в итоге может привести к негативным последствиям. Такими последствиями могут стать нарушение работы различных систем организма, таких как: нервная, сердечно-сосудистая, пищеварительная, мочеполовая системы и др. Все воздействия на организм носят накапливающийся характер и незаметно для человека на ранних стадиях продолжительного стресса, особенно при быстрой динамике жизни. Человек может длительное время не уделять внимание этой проблеме, что приведет, в конечном итоге, к ухудшению качества его жизни и здоровья. В год по статистике, приведенной в [3] на ликвидацию последствий стресса в США расходуется 190 миллиардов долларов, а в странах Евросоюза – 20 миллиардов евро.

Часто воздействие стресса и внутренние нерешенные проблемы вызывают у человека такие распространенные заболевания как депрессия или состояние тревожности. По статистике ВОЗ от депрессии страдает минимум 300 миллионов человек всех возрастов, так же утверждается, что она является

второй по распространенности причиной самоубийства у людей младше 30 лет [3].

Описанные выше явления негативного влияния эмоций подтверждают необходимость принятия мер для оценки психоэмоционального состояния человека (ПЭС). При этом, ввиду вовлеченности эмоций во все сферы деятельности человека, необходимо проводить оценку ПЭС не только посредством единичных визитов в медицинское учреждение для выявления скрытых причин страхов и беспокойств, фиксаций на идее, но и периодическое наблюдение во всех учреждениях, где важно следить за состоянием человека. Например, проверять человека на подходящий уровень устойчивости при приеме на работу, чтобы определить будет ли он в состоянии выполнять возложенные на него обязанности без вреда для себя и окружающих. Это позволит вести мониторинг ПЭС человека и вовремя оказывать необходимую помощь нуждающимся людям, а так же выявлять опасное для себя и окружающих поведение, тем самым сократив количество непреднамеренных убийств, самоубийств, случаев соматоформных и других заболеваний и повысить качество жизни человека в общем.

#### **Цель диссертационной работы:**

Исследование показателей психо-эмоционального состояния человека методом линейного дискриминантного анализа.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать алгоритм исследований ПЭС на добровольцах;
- провести исследования психо-эмоционального состояния на добровольцах;
- с помощью линейного дискриминантного анализа (ЛДА) определить значимость каждого параметра для деления вопросов на два класса, провести оптимизацию количества параметров и вопросов для устойчивого деления вопросов на спокойные и волнующие;
- сравнить показатели ПЭС студентов до и после экзаменов.

**Объект исследования** – психоэмоциональное состояние студентов.

**Предмет исследования** – параметры показателей психоэмоционального состояния (ЭКГ, КГР и ЭЭГ).

**Методы исследований:**

Теоретические и экспериментальные, основанные на теории измерительных сигналов, прикладной и вычислительной математике, прикладных программах для персонального компьютера, принципах построения современных аппаратно-программных средств.

**Достоверность и обоснованность** полученных результатов подтверждаются использованием аттестованного испытательного стенда, прошедшего испытания в Томском центре стандартизации и метрологии, результатами предварительных исследований ПЭС на добровольцах, достаточным объёмом проведенных исследований на добровольцах, сопоставлением полученных результатов с известными, полученными на стандартном оборудовании.

**Научная новизна работы:**

1) Впервые зарегистрированы на разработанном аппаратно-программном комплексе на наносенсорах при психоэмоциональном исследовании группы добровольцев электрокардиограмма (ЭКГ), электроэнцефалограмма (ЭЭГ) и кожно-гальваническая реакция (КГР) в широком частотном диапазоне от 0 до 10000 Гц уровнем от 1 мкВ с частотой дискретизации сигнала 64 кГц в реальном времени без фильтрации в измерительном канале и последующего усреднения при обработке сигналов.

2) Впервые доказана с помощью метода дискриминантного анализа (ЛДА) наибольшая значимость для оценки ПЭС человека при исследовании ЭКГ, КГР и ЭЭГ аппаратно- программным комплексом высокого разрешения на наносенсорах следующих параметров:

– длительность импульсов ЭЭГ, размах импульсов ЭЭГ, время реакции КГР, время до реакции

– импульсов ЭЭГ, размах скачка на ЭЭГ,  $\Delta U$  – КГР-1, количество импульсов на КГР,

– изменение ЧСС.

**Личный вклад автора:**

Основные научные теоретические и экспериментальные исследования выполнены автором самостоятельно либо при его непосредственном участии.

# **1 Аналитический обзор методов и технических средств для оценки психо-эмоционального состояния человека**

## **1.1 Понятие ПЭС и его влияние на здоровье человека**

Согласно словарю Безруких М.М. и Фабер Д.А., психоэмоциональное состояние (ПЭС) – это особое психическое состояние человека, при котором преобладает определенная эмоциональная реакция по типу доминанты. ПЭС непосредственно связано с переживаемыми человеком эмоциями и порождающим их подсознанием.

Ученые до сих пор расходятся во мнении по поводу понятия эмоций и их классификации, так как при их исследовании во многом приходится полагаться на способность человека определять собственные эмоции, выделять степень переживания и свое отношение к этому (эмоциональное сознание), а так же на субъективное осмысление эмоций испытуемого исследователем. Данные субъективные факторы во многом затрудняют действительное определение эмоций, так как эмоциональное сознание каждого из испытуемых индивидов может различаться, а значит – может различаться степень корректности ответа. Это, в итоге, являются причиной возникновения обширного спектра классификаций. По этой причине в этой работе эмоция будет рассматриваться как психическое состояние, часть когнитивного процесса, который происходит спонтанно без каких-либо сознательных усилий, сопровождающийся физиологическими изменениями и выражающий переживание субъектом его отношение к своей личности и окружающему его информационному пространству [4].

Наиболее распространенной классификацией эмоций по их характеристикам, является классификация, построенная на когнитивной теории валентно-возбуждающего пространства. Данное пространство выражается комбинацией двух непрерывных переменных:

– валентность – характеризует знак эмоции и варьируется от отрицательной до положительной;

– возбуждение – характеризует интенсивность эмоции и ее нагрузку на когнитивные цепи мозга, варьируется от минимального до максимального.

Не менее важным критерием классификации является так же длительность эмоции. В данной классификации выделяют 2 эмоции по длительности: эмоциональное состояние и эмоциональное реагирование. Эмоциональное состояние выражает глобальное длительное переживание эмоции и характеризует общее отношение к окружению. Эмоциональное реагирование характеризуется внезапным возбуждением сильной эмоции, длящейся небольшой промежуток времени и показывает ответ на предъявление внезапного стимула человеку.

Эмоциональное состояние, возникающее в ответ на всевозможные экстремальные воздействия, называется стрессом. По мнению Ганса Селье, стресс – это общий адаптационный синдром или синдром биологического стресса, уравнивающий деятельность организма с постоянно изменяющимися условиями внешней среды. Стресс часто определяется как реакция организма на воспринимаемое психическое, эмоциональное или физическое воздействие. Он протекает трехфазно: реакция тревоги, фаза сопротивления, фаза истощения [5].

Во время первой фазы организм получает информацию об изменениях внешних условий и дестабилизирует внутренние системы и начинает мобилизацию защитных систем организма, чтобы противостоять негативным факторам среды.

Во время второй фазы происходит синхронизация работы различных систем организма после первой фазы и закрепления их работы в новом ритме, компенсирующем негативное воздействие окружения. На данном этапе организм справляется с внешними негативными факторами и функционирует в пределах нормы.

Третья фаза наступает после длительного стрессового воздействия, когда внутренние резервы организма заканчиваются, то есть наступает

истощение. В данной фазе внешние факторы начинают негативно влиять на здоровье человека.

Влияние стрессового истощения на организм получило широкое освещение в научных работах и всесторонне исследуется различными лабораториями.

Например, Брэдли, Гольдштейн, Ламперт, Русалова в своих исследованиях доказали, что стрессовое истощение оказывает огромное влияние на психологию людей, их поведение и их состояние организма. Проявление негативного влияния стресса на психику варьируется от легкого раздражения до неадекватного восприятия реальности и значительного изменения сознания. Кроме того, подверженные стрессу страдают от сбоев в работе многих жизненно важных систем организма и ослабления иммунитета [6, 7].

Стресс так же влияет на качество кожных покровов. Так, по словам учёных в Свободном университете Берлина одним из основных эффектов стресса на кожу является стимулирование работы сальных желез, в результате чего кожа становится менее гладкой, быстро стареет, легко покрывается прыщами. Более того могут появиться другие опасные заболевания, такие как экзема, псориаз [8].

Мышечные системы организма так же страдают от длительного влияния стресса. При стрессе гормоны, усиливающие приток крови к мышцам организма, значительно уменьшаются.

В результате чего, подвижность и сократительная функция мышц становится ограниченной или ослабленной, в том числе и перистальтика желудка. Это может привести к диспепсии, метеоризму и вздутию живота [8].

В другом исследовании в [9], отражено значительное влияние стресса на работу мозга человека. В частности постоянная бессонница, вызванная стрессом, делает мозг менее гибким, более настороженным и в некоторых случаях приводит к серьезным травмам. Согласно результатам учёных в Исследовательском центре сна в Австралии если человек не спит непрерывно

20 часов, то уровень гибкостимозга и возможность его контроля уменьшаются, и эквивалентны состоянию мозга при легком алкогольном опьянении.

Кроме этого, эмоциональная нагрузка в случаях, вызывающих длительные стрессы или приводящие к сильному эмоциональному отклику, может стать причиной развития у человека депрессии, внутренних страхов, паранойи [10] и психосоматических расстройств, вызванных соматизацией эмоций от пережитого негативного опыта [11].

В данной работе под соматизацией понимается возникновение телесных симптомов под воздействием негативных эмоций. Данное явление при длительном воздействии приводит к расстройству работы систем внутренних органов, называемое так же психосоматическим расстройством.

Эмоциональный стресс может приводить ещё к более серьёзным последствиям, в том числе развитие онкологических заболеваний. Например, в последние годы исследованиями учёных в медицинской школе Хьюстона (США) были получены доказательства того, что стресс может быть причиной нарушения работы генетического аппарата, что повышает вероятность развития онкологического заболевания [12].

Таким образом, соматизация психологических проблем, вызванная длительными стрессами, которые истощают организм, купируют его восстановительные функции и делают уязвимым к внешним враждебным организмам, является проблемой, которую необходимо воспринимать как угрожающую благополучию одного человека и общества в целом. В связи с этим исследование психоэмоционального состояния (ПЭС) человека, связанного с психологическими проблемами и стрессом, является одним из направлений, развиваемых в медицине и диагностике, и требует полноценного всестороннего изучения.

## 1.2 Методы оценки ПЭС

Оценка психоэмоционального состояния человека прошла долгий путь от классической психиатрии до аппаратной диагностики и, как большинство областей, связанных с мозгом, имеет огромный потенциал для развития и исследования до сих пор. Текущие методы диагностики психоэмоционального состояния могут быть разделены по степени вовлеченности и непредвзятости в оценке наблюдателем на субъективные и объективные методы.

Субъективные методы оценки психоэмоционального состояния человека подразумевают исследование пациента специалистом (психоаналитиком, психологом) без использования контролирующих технических средств и базируются на применении методов устных и письменных опросов, специализированных тестов. Тесты направлены, в основном, на определение уровней тревоги и депрессии, выявление причин бессонницы и приступов паники, которые определяются по составленным статистически шкалам.

Среди специализированных психологических субъективных тестов, необходимо выделить цветочные тесты Люшера, Пфистера и Фрилинга, шкала для самооценки депрессии Цунга, методику оценки стрессогенного влияния Холмса и Раге, тест уровня тревожности Спилберга-Ханина, шкалу для оценки депрессии Гамильтона, Бека и др.

Цветочные методы наподобие теста Люшера, относящиеся к проективным методикам, использовали набор цветочных изображений определенных оттенков, из которых испытуемому необходимо было выбирать самые приятные и неприятные. Таким образом, методом исключения формировался ряд цветов, определяющий психологическое состояние человека, эмоциональную структуру, внутреннюю мотивацию, уровень возбудимости и импульсивности. Ланг разработал шкалу визуальной самооценки посредством графического образа фантома [13], который охарактеризовывает состояние человека по трем доменам: валентности, возбуждению и доминированию. Пациентам показывают слайд-шоу, в

котором каждый рисунок оценивается графически набором графических рядов фантомов, характеризующих отношение человека к изображениям на слайдах по критериям упомянутых ранее доменов. Преимуществом выше перечисленных шкал являются простота и быстрота исследования и обработки результатов.

Шкалы опросники, наподобие шкалы Цунга, Спилберга-Ханина, Гамильтона, оценивают стрессовое состояние человека и его устойчивость нервному напряжению по результатам ответов на группу тестовых вопросов с фиксированными вариантами ответов. Другие опросники-шкалы, наподобие теста Холмса и Раге, приводят бальную оценку стрессового состояния человека, при тестировании пациента просят вспомнить предложенные в тесте события в определенный период времени. Баллы вычисляются путем суммирования соответствующих стрессогенных событий в определенный временной промежуток. Таким образом, исследователю дается возможность получения численной оценки уровня стресса и восприимчивости к нему.

Недостатками этих методов является возможная очевидность для испытуемого направленности вопросов, что часто искажает реакцию на стимул, так как исследуемый может дать заведомо ложные ответы, подсознательно или сознательно стараясь соответствовать выбранному социальному и эмоциональному образу. Во-вторых, такого рода шкалы не позволяют проводить серию повторяющихся экспериментов с испытуемым, поскольку при первом исследовании ответы легко запоминаются и нередко автоматически воспроизводятся при повторных опросах, что искажает результаты повторного тестирования, требуется формирование новых вопросников при каждом исследовании одного и того же человека.

В отличие от субъективных методов оценки психоэмоционального состояния человека, объективные методы не зависят от мнения исследуемого и исследователя, тем самым внося меньше искажений в данные экспериментов.

Существует способ бесконтактного получения информации о психофизиологическом состоянии объекта, основанный на регистрации

незаметных для глаза колебаний [14]. При помощи фоточувствительного многоэлементного прибора записываются изображения объекта в промежутки времени. Затем оценивается межкадровая разница и вибрация точек живого объекта. Согласно автору, изменение психоэмоционального состояния напрямую связано с изменением частоты вибраций точек объекта.

Развитие данной технологии привело к появлению метода регистрации периодического изменения положения точек объекта (виброизображений) и разработке системы VibraImage, разрабатываемой в Санкт-Петербурге. Данная система предназначена для исследования и анализа психоэмоционального состояния человека, полиграфии, психофизиологической диагностики, дистанционного определения потенциально опасных для окружающих и себялюдей и определения уровней эмоций. Разработанное устройство позволяет автоматически оценивать психоэмоциональный стресс, используя реакцию вестибулярно-эмоционального рефлекса. Визуализация реализуется программно в видевибро-ауры, используя данные, полученные при обработке амплитудной и частотной составляющей виброизображения. В системе видеокамера регистрирует периодическое изменение точек лица человека, частоту движений, мимику и, на основе этого распознает эмоции и психическое состояние [15].

Другим способом оценки психоэмоционального состояния человека является электробиоллюминесцентный метод (ЭБЛ) [16]. В основе метода ЭБЛ лежит регистрация и оценка изменений электробиоллюминесценции – свечения, возникающего под воздействием высоковольтного разряда высокой частоты вокруг живых тканей (эффект Кирлиана). Еще в конце XIX века Российским исследователем Я.О. Наркевичем-Йодко было замечено, что люминесценция больных и здоровых людей отличается. Ценность эффекта Кирлиана заключается в том, что параметры индуцированного излучения зависят от свойств исследуемого объекта. Поэтому регистрация и анализ индуцированного излучения дают возможность сделать обоснованное заключение об энергетическом состоянии объекта.

В нормальном состоянии короны свечения вокруг пальцев (электрограммы) являются гармоничными и равномерными, а при ухудшении состояния здоровья происходят изменения в коронах свечения – признаки патологий. Перспективность современного применения метода ЭБЛ обусловлена следующими основными факторами: неинвазивность исследований, безопасность и полная стерильность, снятие информации, например, только с конечностей человека; возможность слежения за развитием процессов во времени; низкая себестоимость самого обследования.

Недостаток этого метода состоит в том, что для получения необходимого сигнала объект должен быть помещен в высокочастотное высоковольтное поле, исходя из этого, нарушается принцип получения биоэнергетического сигнала. Этот принцип заключается в том, что объект измерения не должен подвергаться активному воздействию со стороны инструмента измерения.

Кроме того, методом ЭБЛ получают не действительное изображение, а программно построенную ауру всего тела пациента или какой-либо его части. Более того, при использовании эффекта Кирлиана ток на выходных каналах прибора может иметь силу около нескольких десятков миллиампер, а напряжение – десятки киловольт, что может нести угрозу здоровью человека при непосредственном контакте с пациентом.

Психоэмоциональное состояние возможно оценивать посредством анализа голоса. Использование анализа голоса для оценки психоэмоционального состояния широко распространено. Эмоции и речь тесно взаимосвязаны [17], поэтому автоматическая и объективная диагностика ПЭС человека по его речи представляет интерес с точки зрения практического применения. По этой причине данный феномен широко исследуется различными коммерческими и научными организациями.

### 1.3 Электрофизиологические методы оценки ПЭС

В данное время в сфере разработки диагностических методов оценки функционального состояния систем организма человека наблюдается увеличение максимально возможного количества информации, получаемой во время медицинского обследования. Чаще всего для неинвазивного исследования в медицине и биологии применяются методики, измеряющие и анализирующие потенциалы биоэлектрической активности, связанной с протекающими в возбуждаемых живых тканях физиологическими процессами [18].

Зарекомендовавшимися и эффективными способами для исследования уровня психоэмоционального стресса человека являются методы, в которых широко применяются электрофизиологические параметры (ЭФП) организма человека. В медицинской практике широко применяется множество методов, которые позволяют обнаружить и измерить электрофизиологические параметры организма человека. К группе основных методов, применяемых для регистрации ЭФП человека, следует отнести: электроокулографию (ЭОГ), электромиографию (ЭМГ), электрокардиографию (ЭКГ), исследование кожно-гальванической реакции (КГР) и электроэнцефалографию (ЭЭГ).

Метод электроокулографии исследует электрическую активность скелетных мышц, двигающих глазное яблоко человека.

Метод электромиографии исследует изменение биоэлектрических потенциалов мышечной ткани, как отдельных волокон, так и целых групп мышц в состоянии покоя и/или цикла сокращения.

Метод электрокардиографии заключается в измерении электрического поля сердца, генерируемого во время цикла его сокращения.

Определение кожно-гальванической реакции заключается в определении таких электрических параметров, как изменение кожного сопротивления или проводимости во времени, а так же кожного потенциала.

Электроэнцефалографический метод исследует головной мозг человека, измеряя генерируемые им биопотенциалы во время работы.

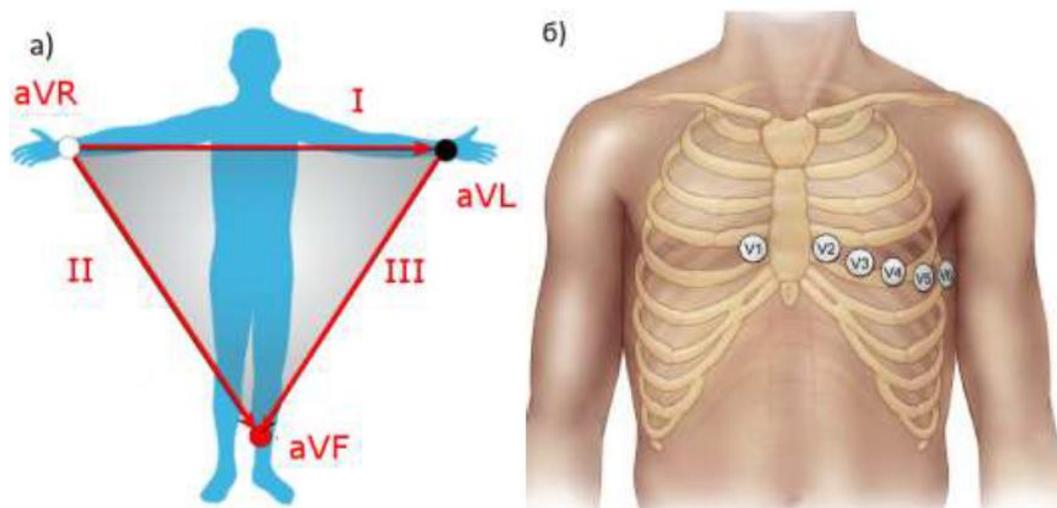
Данные методы делают возможным регистрацию таких параметров, как активность мышечной ткани, изменение частоты сердечного ритма, изменение активности головного мозга и др.[19]. Согласно изысканиям, проводимым психологическими службами, многие из электрофизиологических показателей человека напрямую связаны с изменением эмоционального состояния человека.

### **1.3.1 Электрокардиографический метод исследования**

Одним из электрофизиологических методов, применяемых при оценке психоэмоционального состояния человека, является электрокардиография.

Электрокардиография – метод исследования активности сердца, основанный на записи и анализе биоэлектрических потенциалов, возбуждаемых в сердце и распространяющихся в объеме тела человека. Суть процессов, описываемых кардиограммой, состоит в следующем: повторяющиеся сокращения сердца происходят благодаря распространению по его объему волны биоэлектрического возбуждения от синусового узла до миокарда. Таким образом, сердце генерирует вокруг себя изменяющееся периодически электрическое поле. Данное поле снимается с поверхности тела человека электродами.

Так как сердце представляет собой сложную структуру с разветвленной проводящей сетью и несколькими реполяризующимися отделами, существует необходимость применения нескольких отведений для анализа проекции векторов его поля. В медицинской практике существует несколько способов отведения электрических потенциалов сердца: по Эйнтховену, Франку, Небу, Клетену, картирование 42 отведениями [15].



а) по Эйнтховену, б) по Франку

Рисунок 1.1 – Стандартные отведения ЭКГ

Стандартными для диагностики сердца являются двенадцать отведений, соответствующих объединенным схемам однополярного отведения по Эйнтховену и Франку (рисунок 1.1). Получаемая при снятии потенциалов электрокардиограмма представляет собой циклически повторяющийся комплекс импульсов, разбиваемый исследователями на несколько сегментов или зубцов: P, Q, R, S, T, U. При нормальном функционировании сердца форма комплекса ЭКГ может варьироваться в небольших пределах, концептуальная схема нормального кардиоцикла изображена на рисунке 1.2.

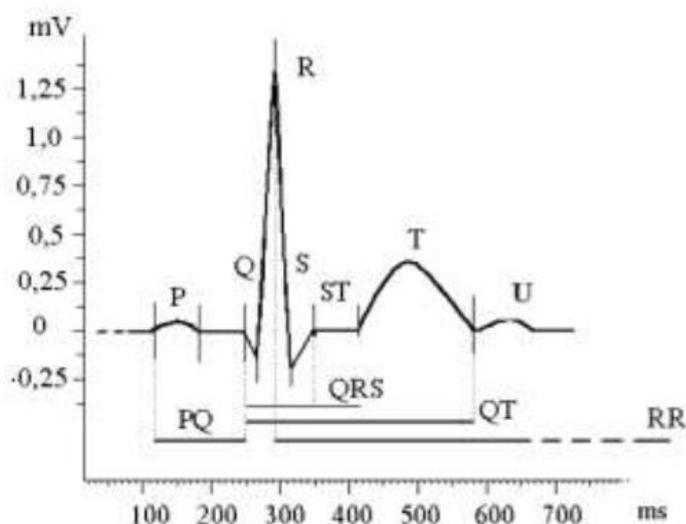


Рисунок 1.2 – Стандартный комплекс кардиоцикла ЭКГ

Разнообразные отклонения формы кардиограммы от нормы позволяют специалисту-кардиологу определять наличие патологических состояний сердечной мышцы [20]. По снятой электрокардиограмме возможно определить частоту сердечных сокращений, наличие нарушений ритма и патологий компонентов кардиоцикла (форма зубцов, длина интервалов, их продолжительность). Также анализируются определенные патологические нарушения структуры сердца, такие, как утолщение стенок различных отделов сердца. Благодаря ЭКГ стала возможна диагностика таких заболеваний, как стенокардия, ишемическая болезнь сердца, миокардит, инфаркт миокарда, перикардит. ЭКГ возможно использовать не только для диагностики состояния сердца, но и его реакции на эмоциональное состояние человека.

Эпидемиологические и клинические исследования показали, что психологический дискомфорт, определяемый как сознательно пережитое несоответствие между ожиданиями и воспринимаемой средой, связанной с отвращением, ужасом и др. [21], может спровоцировать как желудочковые, так и предсердные аритмии и фибрилляции. В некоторых случаях серьезные переживания, вызванные личностными проблемами, стихийными, техногенными бедствиями или войнами, могут приводить к случаям внезапной сердечной смерти (ВСС).

Подобное воздействие связывают с увеличением случаев ВСС в Израиле во время бомбардировки Ираком в 1981 году, во время воздушных налетов в Загребе. А так же землетрясения в городе Нортридж штата Калифорния в 1994 году, где было отмечено увеличение ВСС в 6 раз по сравнению с днями до и после катастрофы [22]. Повышение количества случаев ВСС свидетельствует об аритмогенном воздействии стресса, из чего следует существование значительной зависимости работы сердца и его перегрузка от переживаемых степеней тревоги и стрессов.

Влияние стресса на работу здорового и нестабильного сердца, позволяет использовать получаемую электрокардиограмму, как для анализа

психологического состояния, так и для определения опасных для пациента эмоций и психологических нагрузок, анализируя фрагменты кардиоцикла.

Например, исследование, проводимое Тойвоненом в с целью выявления влияния стресса на работу здорового сердца во время внезапного пробуждения, показало, что во время экспериментов происходило нарушение ритма Т-зубца и ST-сегмента. Это было связано с медленной адаптацией QT-сегмента к внезапной симпатической реакции организма. Подобные сбои в работе сердца являются неопасным явлением для здорового сердца, но аритмогенным фактором для электрически нестабильного, что в обоих случаях позволяет использовать их для оценки стресса и случаев внезапной тревожности, связанных с подсознательными эмоциональными триггерами человека. Влияние стресса на альтерацию Т-зубца так же исследовалось у пациентов с установленным водителем ритма и пережитым острым инфарктом миокарда. В одном из таких исследований отмечалось увеличение альтерации Т-зубца, несмотря на наличие водителя ритма [23].

Кроме анализа альтераций отдельных фрагментов сердечного цикла, при оценке психоэмоционального состояния человека значимым параметром является вариабельность сердечного ритма (BCP).

BCP характеризуется изменением частоты сердечных сокращений от одного кардиоцикла к другому, то есть зависит от изменения длительности периодов между двумя соседними R-зубцами на электрокардиограмме [24]. Вариабельность вызвана изменением сердечного ритма, который регулируется биоэлектрическими сигналами, приходящими к синусовому узлу (СУ) от симпатической (СНС) и парасимпатической (ПСНС) нервных систем.

Изменение ритма и его вариабельность меняется с угнетением активности того или иного отдела нервной системы. Парасимпатическое влияние нервной системы на BCP в первую очередь передается через блуждающий нерв, который может провоцировать быстрые изменения сердечного цикла и отвечает за колебания дыхательной синусовой аритмии (ДСА). Данные колебания ритма называются высокочастотной

вариабельностью сердечного ритма (ВЧВСП), располагаемой в частотном диапазоне от 0,15 до 0,4 Гц и часто выступают в качестве индекса активности ПНС. Симпатическое же влияние связывают с низкочастотной вариабельностью сердечного ритма (НЧВСП), лежащей в пределах от 0,04 до 0,15 Гц.

В большинстве случаев исследование ВСП проводится из-за наличия прямой связи регуляции периферической нервной системы с сердечными и другими заболеваниями, такими как инфаркт миокарда, сердечная недостаточность, диабетическая нейропатия и др. [24].

В процессе таких исследований было обнаружено возможное влияние психологического состояния на работу сердца и ВСП. Прежде всего, то, что ВСП отражает способность центрального отдела автономной системы, включая префронтальную кору, центральное ядро миндалина, гипоталамуса и мозговой ствол, адаптироваться к изменениям условий окружающей среды. ВСП связана со способностью человека регулировать свои эмоции и может быть ключом к определению уровня психологической гибкости [25].

Вариабельность сердечного ритма может использоваться для оценки состояния человека в различных условиях трудовой деятельности, физической нагрузки, уровня стресса и т.д.

Например, исследования показали, что ВСП снижается у пациентов с депрессией, тревожным расстройством, нарушением поведения, употреблением алкоголя, испытывающих чувство угрозы со стороны окружающих, но увеличивается у людей, находящихся в хорошем настроении, спокойствии или в моменты переживания счастья, а так же занимающихся требующими сосредоточения занятиями или ментальными тренировками [26]. Значительным фактом являлось и то, что подобное изменение ВСП наблюдалось как у больных людей, так и у здоровых.

В других исследованиях было обнаружено, что во время положительных (счастье, удивление) и отрицательных эмоций (печаль, страх,

гнев и отвращение) происходят существенные изменения в характеристиках низкой частоты и высокой частоты полосы сигналов ВСР.

В группе исследований частотный компонент ВСР, равный 0,1 Гц, связывают с утомлением, вызванным долгой умственной активностью.

Кроме того, было обнаружено, что на ВСР не оказывают воздействие антидепрессанты, что позволяет избежать ложных показаний при попытке намеренно ввести исследователей в заблуждение.

Измерение ВСР также используется для определения способности к социальному познанию или изменений эмоционального состояния после медитации, количественного измерения устойчивости пациентов, страдающих от панических расстройств и определения настроения и состояния депрессии у пациентов с биполярным расстройством.

При оценке психоэмоционального состояния человека посредством ВСР необходимо учитывать анамнез человека, а именно: наличие вредных привычек и их продолжительность, пол и возраст, индекс массы тела и склонность к физической активности. По этой причине при оценке ВСР необходимо прибегать к индивидуальному подходу, то есть к проведению предварительного исследования, до начала интервью в контролируемых условиях, чтобы определить чувствительность парасимпатической и симпатической нервных систем.

Анализируя исследования различных групп ученых, становится очевидным, что сильное эмоциональное переживание и поддержание организма в стрессовом состоянии приводит к сбоям в сердечно-сосудистой системе, а именно: альтернации различных комплексов кардиоцикла и изменению variability ритма. Возможны значительные скачки амплитуды и частоты в моменты внезапного изменения психоэмоционального состояния человека под воздействием тематических триггеров-стимулов.

В современной электрокардиографии наметилась новая тенденция в разработке аппаратуры, работающей в расширенном диапазоне частот от 0 до 10000 Гц. Данная аппаратура не содержит стандартные фильтры,

применяемые в электрокардиографах, регистрирует сигналы ЭКГ от 1 мкВ без фильтрации и усреднения. Съём осуществляется наносенсорами, размах шума которых в полосе от 0 до 10000 Гц не превышает  $\pm 200$  нВ . За рубежом также проводятся исследования в расширенном диапазоне частот. В [27] электрокардиограмма регистрируется с частотой 5 кГц с динамическим диапазоном 26 бит (разрешение 3 нВ) в частотном диапазоне до 2 кГц. Измерения проводились в Международном центре клинических исследований в университетской больнице Святой Анны, Брно, Чешская Республика.

### **1.3.2 Электроэнцефалография**

Классический метод исследования ЭЭГ позволяет получать достоверную информацию о текущем психоэмоциональном состоянии человека. Метод основан на принципе регистрации интегральных потенциалов, вызванных биоэлектрической активностью отдельных зон, областей, долей головного мозга. Интегральный характер регистрируемых потенциалов обусловлен удаленностью регистрирующих электродов от источников электрических сигналов – нейронов головного мозга. Это обстоятельство приводит к эффекту интегрирования, усреднению отдельных сигналов, что ограничивает возможности метода в его классической реализации.

Как следует из определения метода, отведение исследуемых потенциалов производится с головы пациента. В большинстве случаев исследование проводится неинвазивно, а электроды накладываются на скальп человека, но в случаях, когда необходимо локализовать отдельную группу нейронов без интегрирующего эффекта соседних групп нейронов, например, в случаях исследования нейроинтерфейсов для больных тетраплегией, электроды располагаются непосредственно на коре головного мозга (субдурально) [28]. Последний вид отведения имеет ряд осложнений, присущих всем операциям на мозге, включающим имплантацию инородных тел, сообщающихся с внешней средой, поэтому подобный вид взаимодействия

нежелателен при амбулаторном исследовании психоэмоционального состояния человека и проводится в ситуации критичности ситуации, соразмерной риску.

В классической неинвазивной энцефалографии при проведении исследований наложение электродов проводится по международно-принятой системе отведения 10-20 [29]. Система получила названия благодаря наложению электродов относительно костных ориентиров черепа.

Согласно этой системе, точки наложения электрода вычисляются по длине медиальной линии черепа, пролегающей от переносицы до затылочного бугра и от срединной линии, пролегающей от одного внешнего слухового прохода до другого. Наложение начинается с деления длины медиальной линии на 10 долей и наложение первого электрода (Oz) и отметки линии затылочных электродов (O1, O2) на расстоянии одной доли от затылочного бугра. Еще через две доли (20 %) располагается следующий центральный электрод Pz и линия теменных электродов (P4, P3). Подобным образом накладываются остальные электроды, завершая последовательность точек на медиальной линии последним отведением Fpz, расположенным на расстоянии одной доли от переносицы. Подробная схема наложения отведений приведена на рисунке 1.3. Полная стандартная схема наложения электродов предусматривает использование 21 электродов.

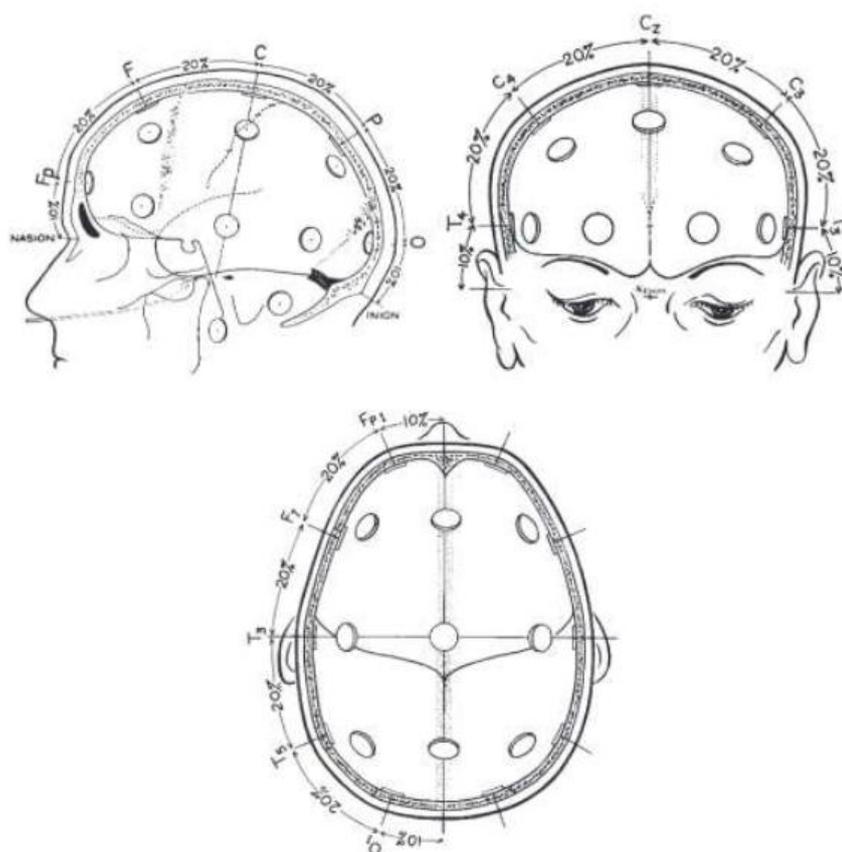
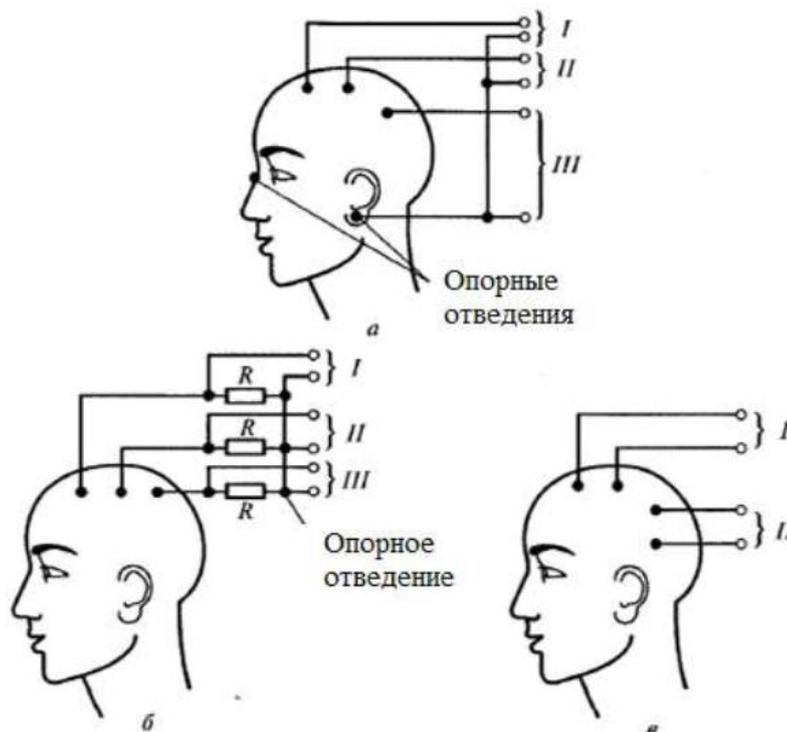


Рисунок 1.3 – Схема наложения электродов «10-20» для отведения потенциалов ЭЭГ в трех проекциях

Необходимые референтные электроды располагаются на мочках ушей или на сосцевидных отростках за ушами. Дополнительные места наложения референтных электродов возможны между электродами Cz и Fz по средней линии.

В энцефалографии используются как монополярные, так и биполярные виды отведений. Монополярное отведение является самым распространенным при амбулаторных исследованиях. При данном отведении один электрод располагается в активной зоне системы наложения, а другой – нейтральной точке (рисунок 1.4а). В практике энцефалографии так же существует методика создания опорного электрода путем объединения оставшихся активных электродов через суммирующее сопротивление в один (рисунок 1.4б). При данном отведении добиваются наилучшей локализации сигналов с участка мозга при неинвазивном исследовании, но значительно страдает

помехоустойчивость измерительной системы, по этой причине увеличивается влияние артефактов на результаты исследований.



а – монополярное отведение, б – монополярное с опорной точкой, образованной суммированием активных отведений, в – биполярное отведение

Рисунок 1.4 – Виды отведений ЭЭГ

Биполярное отведение (рисунок 1.4в) заключается в расположении двух активных электродов на равноудаленном расстоянии от исследуемой области, а так же использовании референтного электрода в нейтральной точке с независимым потенциалом. При данном отведении потенциала возрастает помехоустойчивость системы. Кроме того, появляется возможность определить наличие образовавшихся дорожек из проводящего геля, вносящих искажение в результаты ЭЭГ. Получаемая при данном типе отведения электроэнцефалограмма представляет собой интегрированный потенциал двух областей вокруг электродов и между ними, таким образом, при исследовании определенной области исследователь так же регистрирует «затекающие» потенциалы соседних областей, поэтому необходимо аккуратно подходить к выбору места расположения электродов и расстояния между ними.

В качестве электродов для отведения ЭЭГ с поверхности кожи используются различные датчики, как металлические, так и хлорсеребряные. По способу наложения поверхностные электроды подразделяются на приклеивающиеся и накладные. Первый вид электродов обычно имеет форму пластины или округлую форму, для достижения лучшего контакта с кожей головы прикрепляются к поверхности при помощи пластыря или встроенных клейких дисков (Рисунок 1.5а).



а – приклеивающиеся, б – накладные электроды, в – мостиковые накладные

Рисунок 1.5– Поверхностные электроды для ЭЭГ

Второй вид электродов так же может иметь различную форму от плоских до скругленных электродов и закрепляется на голове при помощи шапочки, состоящей из эластичных упругих материалов для поддержания плотного контакта с кожей (рисунок 1.5б).

Кроме обычного исполнения накладные электроды могут быть выполнены в виде мостков, один из концов которого содержит проводящий

стержень, обернутый губчатым материалом с проводящей пропиткой, а другой представляет твердый упор из пластика (рисунок 1.5в).

Данный вид электродов является одним из самых удобных из накладных электродов. Необходимыми свойствами электродов являются: малый вес, устойчивость к воздействию используемых проводящих растворов и малое сопротивление.

К проблемам регистрации сигналов ЭЭГ следует отнести электрические наводки от работающего оборудования. Для минимизации внешних наводок применяют специальные схемы компенсации и заземления человека, позволяющие в значительной степени снизить их влияние.

При исследовании мозга средствами электроэнцефалографии часто выделяются основные ритмичные волны (или ритмы) мозга: альфа-волна, бета-волна, гамма-волна, тета-волна, дельта-волна.

Альфа-волны (рисунок 1.6) колеблются в частотном диапазоне от 8 до 13 Гц и имеют амплитуду (30 - 150) мкВ [30]. Данный вид волн регистрируется в спокойном состоянии человека и хорошо локализуется в задних отделах мозга (затылочно-теменных, затылочно-височных, затылочных). Наибольшей амплитуды волны достигают в затылочной области. Происхождение волн связывают с деятельностью таламических ядер. Развитие этих ядер в процессе взросления приводит к постепенному увеличению частоты, достигая максимума в 15-20 лет и уменьшению в процессе старения.

Для данного вида волн характерна спонтанная модуляция, при которой происходит чередующееся убывание и нарастание амплитуды, образующее на ЭЭГ так называемые веретена, длительность которых находится в пределах (2-8) секунд.

Веретена альфа-ритма необходимо отделять и отличать от сонных веретен. Эти две различные категории волн наблюдаются в различных состояниях (во сне по сравнению с бодрствованием), имеют различное пространственное распределение (веретена сна имеют широкое центральное распределение, в то время как альфа-волны расположены около первичных

сенсорных корковых областей), различные частоты (веретена сна – приблизительно (13 - 14) Гц в отличие от альфа-частот, которые изменяются между 8 и 13 Гц).

Появление и исчезновение альфа-волн ассоциируют со зрительной активностью человека, так в темноте при закрытых глазах наблюдается ярко выраженная альфа-волна. При сосредоточенном наблюдении за объектом – затылочные волны подавляются, а мю-волны – десинхронизируются. В то же время, при сосредоточенном интроспективном мышлении, решении мысленных задач дивергентным мышлением, приводит к увеличению амплитуды и общей энергии альфа-волн [31].

При патологиях мозга альфа-волны заметно изменяются по всем своим характеристикам: частота их снижается, амплитуда может, как возрастать, так и уменьшаться, а вершины волн заостряться. Так же сглаживаются региональные различия альфа-волн и снижается реактивность.

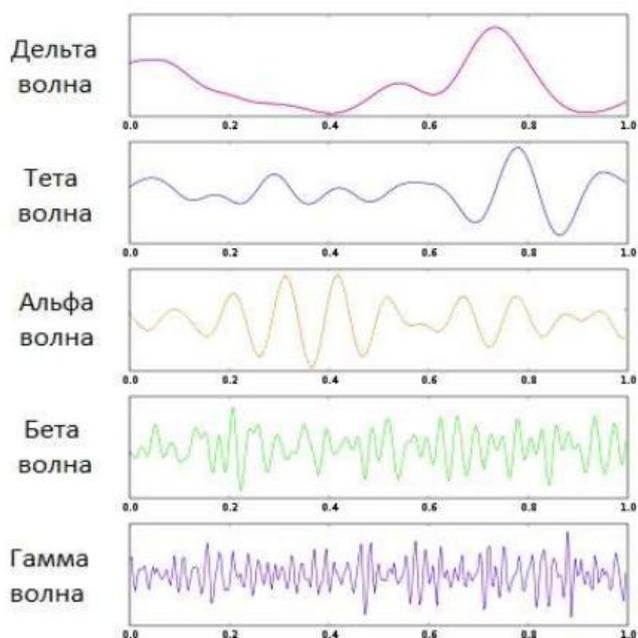


Рисунок 1.6 – Примеры кривых волн ЭЭГ

Бета-волны имеют большую выраженность в передних отделах мозга. Бета-ритмы, проявляющиеся в отдельных пиках на спектрограммах, у здоровых людей обнаруживаются в различных областях коры могут быть выделены по крайней мере два различных бета-ритма: бета-ритмы с

максимумами в спектрах ЭЭГ, расположенных в сенсомоторной зоне (связаны с изотоническим сокращением волокон и подавляются при смене мышечной активности), роландические бета-ритмы, и лобные бета-ритмы. Они проявляются в форме пиков на индивидуальных спектрах. Однако только у немногих здоровых испытуемых выявляется отчетливый бета-ритм, и, как следствие, усредненные спектры в состояниях и с открытыми, и с закрытыми глазами имеют отчетливые максимумы в диапазоне частот бета-волн. При патологии изменению подвергаются все параметры бета-ритма: частота, амплитуда, пространственное расположение, реакции на раздражители.

Данный вид волн связывают с сильной мысленной активностью, направленной на внешнюю среду, то есть усиливающийся при необходимости быстро отреагировать на какой-либо стимул, принять решение, сосредоточиться на визуальном или звуковом раздражителе.

Обычно бета-ритм увеличивается при нервном напряжении и беспокойстве, а альфа-ритм при этом уменьшается. Известно так же, что активность бета-ритма под воздействием постоянного стресса снижается, характеризуя тем самым способность мозга сопротивляться эмоциональному напряжению и давая возможность наблюдать за изменением стрессоустойчивости человека во временных рамках [32].

Гамма-волны (рисунок 1.6) находятся в частотном диапазоне от 30 до 50 Гц (в среднем 40 Гц), в некоторых случаях достигают частоты в 120 Гц, имеют амплитуду около 10 мкВ.

В основном, данные ритмы регистрируются в передних отделах мозга. Предполагается, что данный вид волн непосредственно связан с формированием сознания человека, а так же его способностью определять сущность объекта по визуальным стимулам. Кроме того, существует предположение, что гамма-волны характеризуют сознательное восприятие человека в целом, так при повреждении таламуса человека, который связывает все сенсорные цепи мозга, гамма-волны прекращаются и человек впадает в кому.

Наличие этих волн связывают с обращением к зрительным образам в памяти при упоминании какой-либо концепции. Они наблюдаются при усиленной мыслительной деятельности, направленной на установление причинно-следственных связей между одним логическим понятием и другим.

Установлено, что при длительных медитациях во время максимального сосредоточения мозга на сущности объекта наблюдаются ярко выраженные когерентные гамма-волны.

Подобное открытие позволяет предположить, что формирование гамма-волн связано с максимальным сосредоточением восприятия на поставленной перед мозгом задачей. В то же время подавление этих волн во многом свидетельствует о наличии патологического дефицита внимания у человека [33].

Ряд исследований показал, что активность гамма-волн, регистрируемая в области миндалевидного тела, связана с переживанием негативных эмоций, закрепленных в памяти человека, ощущения чувства тревоги и страха. То есть выраженность этой волны ведет к возникновению чувства тревожности, сильному возбуждению и стрессу. В то же время, при регистрации гамма-ритма в височных долях наблюдается асимметрия ритма. Так при наличии позитивного стимула гамма-волны возникают в правой височной доле, а при негативном – в левой.

Дельта-волны (рисунок 1.6) являются самыми медленными и большими по амплитуде волнами, место их генерации четко не определено, но в большинстве случаев эти волны регистрируются в затылочной области. У здорового взрослого человека обычно дельта-волны начинают регистрироваться во время 3 фазы сна и наблюдаются в большом количестве (более 50 %) в 4 фазе. В обычном бодрствующем состоянии у здорового человека волны не наблюдаются. Известно, что данный вид волн непосредственно связан с восстанавливающими режимами сна. Отсутствие данных волн во время сна делает невозможным восстановление мозга после дня бодрствования и исцеление организма [34]. Его появление указывает на

снижение тонуса коры или наличие серьезных патологий в работе мозга. Локальное появление дельта-ритма у взрослого в состоянии бодрствования свидетельствует о наличии очагового поражения коры. При этом генерализированные высокоамплитудные колебания имеют максимум энергии в областях, граничащих с очагом поражения. Ярко выраженные дельта-волны бодрствующего человека наблюдаются у людей с острой формой дефицита внимания и гиперактивностью, нарушением функций мышления и обучения.

Предполагается, что дельта-активность связана с состоянием, связанным с необходимостью утоления базовых физических потребностей, таких как голод и сексуальная активность. Удовлетворение этих потребностей приводит к снижению дельта-активности, в то же время, подкрепляя сложившуюся систему вознаграждения человека. Многие теоретики связывают формирование системы вознаграждения, построенной на непреодолимом желании удовлетворения своих потребностей, с импульсивным и антисоциальным поведением. Так как неконтролируемое стремление к получению биологически связанного объекта подкрепления приписывается импульсивному, агрессивному и антисоциальному поведению. Это предполагает наличие взаимосвязи между подобным поведением и преобладанием дельта-волн в ЭЭГ [34].

Тета-волны (рисунок 1.6) в основном регистрируются в теменной и височной областях. Они часто присутствуют при пробуждении у взрослого человека, в состоянии дневного сна и дремоте. Прерывающиеся тета-волны наблюдаются у 35 % молодых взрослых в среднелобном отделе при расслабленном бодрствовании. Также прерывающиеся волны наблюдаются билатерально и асимметрично у пожилых людей с вероятностью в 35 %. Ярко выраженные тета-волны сопровождают гиперактивность, импульсивность и невнимательность, в то время, как их подавление сопровождается тревожностью, слабым эмоциональным осознанием, связанным с посттравматическим синдромом, стрессом. В нормальном состоянии, тета-волны помогают в творческом процессе, при организации эмоциональных связей, улучшении

интуиции и расслаблении. Так же тета-волны участвуют в восстановительном сне [33].

Предполагается так же, что тета-волны, порождаемые в гиппокампе, участвуют и являются преобладающими при кодировании и навигации памяти человека и, связанных с этой памятью, условно рефлекторных страхов. Участие тета-волн в навигации памяти так же предполагает их вовлеченность в распознавание позитивных и негативных стимулов, ассоциирующихся со знакомыми образами. Несмотря на огромное количество областей, в которых участвуют тета-волны, основное их преобладание связывают именно с управлением памятью и относящихся к ней эмоций [34].

Наличие высокоамплитудного тета-ритма (более 40 мкВ) только в одном полушарии свидетельствует о наличии очага поражения мозга, обычно это менингиома, глиома или инфаркт.

Наличие такого разнообразия различных волн в разных частотных диапазонах и их предполагаемая одновременная вовлеченность в несколько видов деятельности такого сложного органа, как мозг, предполагает наличие множества методов оценки его работы.

Наиболее распространенными способами анализа ЭЭГ являются когерентный и спектральный анализ сигналов. Когерентный анализ используется для оценки суммарной синхронной активности структур головного мозга, то есть предполагается, что в определенные процессы мозга оказываются вовлечены специфичные отделы мозга, а их когерентная активность характеризует вовлеченность их в сам процесс. Таким образом, когерентный анализ является индикатором участия различных участков мозга в какой-либо деятельности.

Когерентность областей определяется коэффициентом когерентности (КК), который показывает вовлеченность коры в процесс работы. Обычно он варьируется от 0 до 1 в соответствии с возрастанием когерентности ЭЭГ в исследуемой области. К преимуществам метода следует отнести независимость коэффициента от абсолютных значений амплитуды ЭЭГ

различных областей мозга. Это позволяет использовать метод при создании статистики, сопоставлении данных и формировании средних характеристик в группах пациентов со значительно отличающимися уровнями амплитуд ЭЭГ. Несмотря на данное преимущество, метод, в основном, получил распространение в научной среде, так как требует обработки значительного количества цифровой информации при картировании мозга, что затрудняет его использование в клинике. Так же данный метод подвергался критике со стороны ученых ввиду его математической неоднозначности и невозможности его квалифицировать с точки зрения метрологической величины [35].

Более известный и распространенный анализ ЭЭГ исследует спектры полученных сигналов, полученные при помощи быстрого преобразования Фурье. Данный метод обширнее распространен, так как является более наглядным при обычном картировании головного мозга.

При спектральном анализе оценке подвергаются группы небольших эпох сигналов с различных отведений головы. Значимыми считаются величины максимума абсолютных и средних мощностей спектра, максимальная и средняя амплитуды спектра и его компонентов. На основании данных проводится корреляционный анализ распределения максимальных и средних значений в частотных компонентах по отведениям, а так же строятся цветные карты распределения амплитуды, мощности спектра и средних значений частоты отдельных ритмов мозга. Построенные таким образом изображения позволяют проводить визуальную оценку активности мозга и локализации определенных его ритмов в областях мозга, в том числе при исследовании эмоциональных откликов на стимулы.

Кроме описанных двух подходов существует еще один, связанный с анализом изменений компонентов вызванных потенциалов, таких как P300, N170, N250, возникающих как ответ на провоцирующий эмоции стимул. Но данный метод подвергается частой критике, связанной с тем фактом, что все описанные импульсы тесно связаны с условиями, в которых проведен эксперимент. Этот факт предполагает, что при изучении влияния эмоций на

человека установка независимых от условий проведения эксперимента параметров будет проблематична и во многом зависит от субъективного восприятия испытуемым его окружения.

Оба метода, предполагают, что активность, свойственная мозгу, локализована в разных частях, а знак эмоции соотносится с определенным полушарием мозга.

Различные исследования ученых указывают на участие передних отделов мозга в формировании эмоционального ответа, при этом наблюдается межполушарная асимметрия знаков формируемых эмоций. Так было обнаружено, что положительные эмоции, связанные с приятными образами, удовлетворения от приема сладких продуктов и обработке позитивных концепций происходила активация структур левой лобной доли, а при переживании негативного опыта – правой.

По другому мнению в процессе формирования эмоций вовлечены и другие области мозга. Например, Констандовым Э.А., было показано, что при возникновении негативных эмоций происходит активация затылочных отделов левого полушария, Кайзер [36] обнаружил активацию височно-теменной области. Другая группа ученых предполагает, что при формировании эмоции происходит сложный процесс, последовательно задействующий различные области мозга. Процесс состоит из трех этапов: восприятие, оценка и переживание.

Первые два этапа происходят в правой височно-теменной области, в то время как, переживание эмоции осуществляется в передних отделах коры и носит асимметричный характер, относительно знака эмоции [36].

В докторской диссертации отмечается актуальность применения электроэнцефалографического метода для диагностики разного рода нарушений: эмоциональных, психических, поведенческих, невротических. В данной работе создан аппаратно-программный комплекс для исследования функционального состояния мозга человека посредством одновременной регистрации импеданса в частотной полосе от 10 кГц до 1 МГц и

биоэлектрической активности в диапазоне частот до 1 кГц. Анализ существующих подходов к исследованию мозга показал современную тенденцию в исследовании мозга, основанную на расширении частотной полосы, вплоть до 1 кГц.

Развитость базы по оценке психоэмоционального состояния и работы мозга, делает ЭЭГ неотъемлемой частью любой методики ПЭС. При этом стоит отметить, что наличие большого количества исследований, существующих разногласий между группами ученых, а так же неоднозначности используемых методов, свидетельствует о высокой сложности исследования такой высокоорганизованной и древней органической структуры как мозг, вызванной во многом субъективностью подхода и технологическими ограничениями оборудования. Это свидетельствует о необходимости создания единой системы оценки исследуемых параметров ЭЭГ, ее локализации, использования новых методов и устройств для оценки состояния мозга.

### **1.3.3 Оценка кожно-гальванической реакции**

Одним из широко распространенных методов исследования реакций мозга на эмоциональные стимулы является метод измерения кожно-гальванической реакции (КГР) человека. Данный метод получил широкое распространение в полиграфах, как индикатор изменения активности вегетативной нервной системы человека. Физической основой метода КГР человека является изменение уровня возбуждения его периферической (вегетативной) нервной системы в ответ на реакцию внешнего стимула, которое модулирует ширину кровеносных сосудов, кожных пор, изменения количества выделяемых электролитов в разных слоях кожи и изменения поляризации мембран клеток эпителия. Следствием этого является изменение сопротивления (потенциала) кожи человека, которое может быть измерено с помощью электронных приборов.

На данный момент получило широкое распространение два основных метода оценки кожно-гальванической реакции: экзосоматический и эндосоматический.

Экзосоматический метод был предложен Фере. В данном методе информативным параметром состояния нервной системы является сопротивление (КС) или проводимость (КПр) кожи, которые изменяются соответственно при увеличении количества электролитов в коже.

Необходимо отметить, что при использовании данного метода необходимо применение внешнего источника тока, при помощи которого оценивается падение напряжения на измеряемом сопротивлении [37]. Значение напряжения по рекомендациям должно колебаться в пределах 0,5 В, а плотность тока для безопасного использования не превышает 10 мкА/см<sup>2</sup>.

Обстоятельство использования тока является поводом для критики со стороны многих исследователей, так как при измерении возможно возникновение искажений, вызванных ионизацией тканей под воздействием протекающих токов, и возникновение принудительной поляризации мембран. Кроме того, возникает вопрос целесообразности использования постоянного тока при измерении импеданса кожи, так как кожа содержит электролитические жидкости, сопротивление которых измеряется посредством переменного тока. То есть фактически метод не измеряет действительное сопротивление кожи. Данный факт не уменьшает роли метода в исследовании психоэмоциональной реакции, а только ограничивает его возможные применения, так как для оценки реакции в большинстве случаев рассматривается динамическое изменение КГР, а не абсолютные значения. Несмотря на недостатки, описанные выше, рассматриваемый метод является распространенным ввиду простоты его технической реализации и помехоустойчивости.

Существует так же реализация метода с применением переменного тока синусоидальной формы с частотой колебаний в 30 Гц. В данной

реализации удастся уменьшить поляризующие эффекты тока и влияние внешних электромагнитных полей [38].

Эндосоматический метод был разработан Тархановым. В отличие от Фере, Тарханов исследовал изменение кожного потенциала (КП) в результате воздействия внешних стимулов на психику человека. При исследовании КГР в основном анализируется частотный диапазон в пределах от 0,1 до 10 Гц, в то же время, известны примеры реализации приборов с диапазоном до 40 Гц и 45 Гц. Амплитуда кожных потенциалов может изменяться в пределах от 10 до 70 мВ. Данный метод не так распространен, как метод Фере, так как он является менее помехоустойчивым. Кроме того, при использовании метода необходимо учитывать разность потенциалов между электродами. Не менее важным фактором является тот факт, что на потенциалы кожи влияет множество факторов, которые изменяют потенциал от одного и того же стимула произвольным образом.

С другой стороны, использование метода Тарханова позволяет проводить электрофизиологическое исследование естественных потенциалов кожи, что расширяет его информативность и область возможных применений. При этом исследования во многом не ограничиваются существующими рекомендациями измерений и направлены на изучение потенциалов за границами принятых частотных диапазонов.

Примером является исследование проводимое в Дубне [39]. В данном исследовании Назаров А.И. наблюдал реакцию у испытуемых в частотном диапазоне от 0,05 до 300 Гц, обнаружив, тем самым, новые частотные компоненты в КГР человека и подтвердив, что при существующих технологиях использование старых рекомендаций возможно является некорректным, следовательно, необходимо исследование КГР в более широких частотных диапазонах.

Несмотря на различные измеряемые величины и существенное расхождение в подходах к измерениям, экспериментальным путем на группе людей из 25 человек (при одновременном измерении по обоим методикам)

было установлено, что изменения получаемых кривых обоих методов близки по форме.

Все методики определения кожно-гальванической реакции совпадают по методу поиска информативных поверхностей и наложению активных электродов. Обычно в практике применяются слабополяризующиеся Ag/AgCl электроды, так как для продолжительного измерения КГР необходимо учитывать влияние поляризации материала электродов на результаты исследования.

В качестве информативных областей выбираются участки кожи с наибольшим содержанием эккринных потовых желез [37]. Выше всего концентрация таких желез на ладонях и подошвах ног (более 400/см<sup>2</sup>), коже лба (около 300/см<sup>2</sup>). Различия заключаются в том, что обычно экзосоматический метод (метод Фере) использует биполярное отведение, при котором пара активных электродов располагается в области скопления малых потовых желез, а эндосоматический метод (метод Тарханова), в большинстве случаев, – униполярное отведение, при использовании которого референтный электрод накладывается на удалении от активного электрода, например, на внутренней стороне предплечья или голени. Такое различие в расположении электродов объясняется тем фактом, что при использовании биполярного отведения в эндосоматическом методе приведет к появлению приблизительно одинаковых и противоположных потенциалов на активных точках отведения и их компенсации. Так же необходимо применение электрода, формирующего землю прибора, располагаемого отдельно от зоны проведения измерения. Расположение точек отведений, обычно используемых при исследовании кожно-гальванической реакции, приведено на рисунке 1.7.



1, 2, 3, 4 – точки отведения активных электродов, 5 – точка отведения референтного электрода

Рисунок 1.7 – Расположение точек отведения при исследовании КГР на ладони

При установке электродов при измерении сопротивления рекомендуется использовать участки кожи, иннервируемые от одного источника, т.е. принадлежащих одной дерматоме, например, указательный 1 и средний 2 палец (дерматома С7) или противоположные бугры ладони 3 и 4. Неактивный электрод располагается в нейтральной зоне, например на внутренней 5 или внешней стороне предплечья. Так же при проведении измерений на руках необходимо располагать электроды на одной руке для устранения артефактов ЭКГ и выбирать не доминирующую в деятельности человека руку. Важным требованием, предъявляемым к наложению электродов, является наличие плотного однородного контакта вида «электролит-кожа», так как измерение без проводящего геля приводит к изменению межконтактного сопротивления, вызванному образованием пота в области соприкосновения электрода и кожи.

При исследовании кожно-гальванической реакции выделяют три основных компонента сигнала, которые присутствуют как в методе Тарханова, так и Фере: фазическая составляющая (реакция), тоническая составляющая (уровень), неспецифическая фазическая составляющая.

Тоническая составляющая (уровень) характеризует медленные процессы, происходящие в коже, и показывает общий фон сигнала, проводимость кожи и ее медленные изменения. Для метода Фере тоническая составляющая определяется качественными параметрами: уровень сопротивления кожи (УСК), уровень проводимости кожи (УПрК). Для метода Тарханова данная составляющая определяется качественным параметром: уровень потенциала кожи (УПК).

Тоническая активность записывается до начала стимуляции в течение 5 минут, так же оценивается ее интегральный показатель в течение всего процесса исследования.

Фазическая составляющая (реакция) характеризует быстрые изменения потенциала/сопротивления кожи, связанные с реакцией на внешние стимулы, как правило, изменения длятся несколько секунд. Для метода Тарханова фазическими параметрами является реакция потенциала кожи (РПК), для метода Фере: реакция сопротивления/проводимости кожи (РСК/РПрК). Пример кривой фазической составляющей приведен на рисунке 1.8.

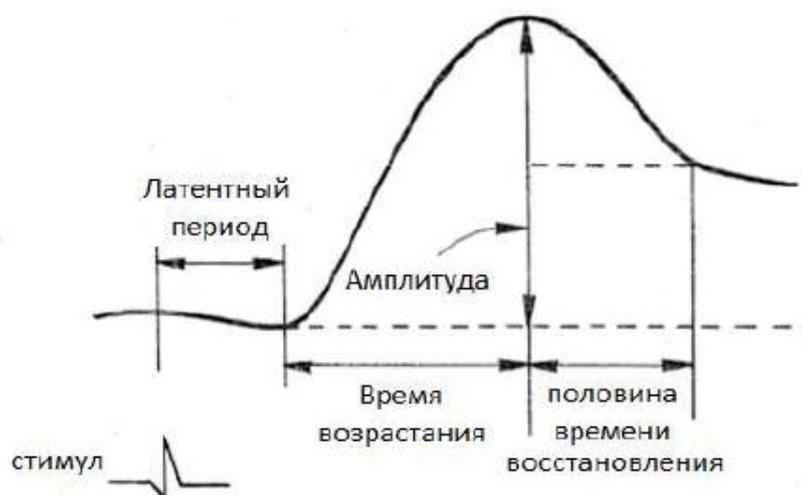


Рисунок 1.8 – Структура фазического компонента КГР

Фазическая составляющая обладает периодом латентности, который принято брать равным от 1 до 3 с от начала стимула. Период роста продолжается обычно от 0,5 до 5 с и достигает своей максимальной амплитуды реакции, после чего начинается фаза восстановления (релаксации), которая восстанавливает потенциал до прежнего уровня. Так как данный

процесс напрямую связан с уменьшением телесных жидкостей в коже, процесс занимает долгое время, поэтому принято брать за информативный параметр половину времени восстановления, которое соответствует времени, когда амплитуда в период восстановления падает до половины от максимального значения амплитуды реакции (см. рисунок 1.8) [40].

Так же фазическая активность может проявляться без предъявления какого-либо стимула. Подобная активность называется неспецифической или спонтанной. Данную активность принято рассматривать, как схожую по природе с тонической активностью, и анализировать в рамках всего измерения, а не как эпизодический фазический фрагмент. Данные колебания регистрируются между применяемыми стимулами после фазы отдыха. Обычно в качестве параметра приводят усредненное количество спонтанных импульсов нескольких записей.

КГР является чрезвычайно чувствительной к эмоциональному отклику, проявлению тревожности или психического напряжения, и поэтому часто применяется для определения характера ПЭС человека. В то же время, данная методика не может дать оценку знака эмоции. Многие ученые полагают, что изменение сопротивления кожи, прежде всего, выражает степень нервной напряженности и никак не связана с видом эмоций [41]. При исследовании данным методом необходимо помнить, что КГР так же зависит от условий окружающей среды и требует соблюдения температурного режима и определенного уровня влажности.

### **Выводы к главе 1**

В результате проведенных исследований можно сформулировать следующие выводы:

- 1) В современном мире стрессы вызывают у человека такие распространенные заболевания как депрессия или состояние тревожности.

2) Необходимо проводить оценку ПЭС не только посредством единичных визитов в медицинское учреждение для выявления скрытых причин страхов и беспокойств, фиксации на идее, но и периодическое наблюдение во всех учреждениях, где важно следить за состоянием человека.

3) Для исследования ПЭС применяются как субъективные, так и объективные методы исследований.

4) Эффективными способами для исследования уровня психоэмоционального стресса человека являются методы, в которых широко применяются электрофизиологические параметры человека, основанные на регистрации электрокардиограммы, электроэнцефалограммы, электромиограммы, электроокулограммы и кожно-гальванической реакции.

5) Для развития методов оценки психоэмоционального состояния человека в настоящее время наблюдается тенденция создания новых методов и технических средств, работающих в расширенном диапазоне частот.

6) Существующая аппаратура для оценки ПЭС функционирует в стандартных частотных диапазонах, имеет низкую разрешающую способность, содержит фильтры, ограничивающие сигналы как в области нижних, так и верхних частот.

## **2 Описание используемых технических средств для оценки психоэмоционального состояния человека на наносенсорах**

### **2.1 Обоснование технических требований к измерительным схемам и программному обеспечению**

С целью развития электрофизиологических методов оценки психоэмоционального состояния человека необходимо использовать специальный аппаратно-программный комплекс (АПК) на наносенсорах высокого разрешения как по уровню, так и по времени, в полосе частот от 0 до 10000 Гц.

Уровень шумов экспериментальных образцов наносенсоров, как показали технические испытания [42], по мгновенному значению ( $\pm 200$  нВ) в частотном диапазоне от 0 до 10 кГц.

Благодаря этому шум канала измерительного сигнала определяется преимущественно шумом микросхем, а так же электронных компонентов, уровень которых растет с расширением полосы частот. Шумы измерительного канала носят аддитивный характер, то есть, не связаны с сигналом, и могут быть практически устранены с помощью широкополосной фильтрации.

Внешние помехи также могут быть исключены из результата измерения. Таким образом, шумы наносенсоров определяют нижний предел измерения измерительного канала.

Комплекс должен обеспечить измерение не менее трёх электрофизиологических параметров без фильтрации и усреднения и иметь следующие характеристики:

- уровень регистрируемых сигналов от 1 мкВ.
- частота дискретизации, не менее 64 кГц.
- частотный диапазон от 0 до 10000 Гц.
- длительность импульсов от 0,2 мс.

Требования к программному обеспечению:

– программное обеспечение должно обеспечить измерение амплитуды зарегистрированных сигналов (от 1 мкВ), их длительности, времени реакции и задержки реакции на задаваемый вопрос (от 0,2 мс), измерение частоты сердечных сокращений.

– в программном обеспечении должно быть предусмотрено устранение сосредоточенных помех и собственного шума АПК.

– должно быть использовано программное обеспечение для классификации ответов на вопросы на две группы: волнующие (стрессорирующие) и спокойные (нейтральные).

## 2.2 Аппаратно-программный комплекс

Аппаратно-программный комплекс, рисунок 2.1, состоит из:

- инструкции по эксплуатации;
- руководства пользователя;
- заглушки для разъема АПК;
- набора наносенсоров;
- кабеля сопряжения наносенсоров и измерительного блока;
- персонального компьютера (ПК);
- кабеля связи измерительного блока с ПК;
- измерительного блока.



Рисунок 2.1 – Аппаратно-программный комплекс для исследования ПЭС

В состав аппаратной части комплекса входят специальные электроды для проведения электрофизиологических исследований (наносенсоры) [43] и электронные компоненты для регистрации и обработки зарегистрированных сигналов, изображенные в принципиальных схемах. Исходя из метрологических характеристик наносенсоров, реализована аппаратная часть комплекса. Высокая помехоустойчивость и стабильность, так же низкие шумы неполяризуемых сенсоров делают возможным исключение из прибора фильтрующих звеньев.

Таблица 2.1 – Технические характеристики АПК

Параметр	Значение
Ток, потребляемый АПК в режиме записи	Не более 300 мА
Диапазон входных напряжений при регистрации сигнала	От $\pm 1,0$ мкВ до $\pm 10$ мВ
Частотный диапазон	От 0 до 10000 Гц
Частота дискретизации	64000 Гц
Входной импеданс	Не менее 10 Мом
Неравномерность АЧХ в диапазоне от 0 до 10000 Гц	От $\pm 20$ % до $\pm 10$ %
Постоянный ток в цепи пациента	Не более 0,1 мкА
Диапазон измеряемых длительностей микропотенциалов	От 0,2 мс до 100 мс

Технические характеристики АПК на наносенсорах для исследования ПЭС человека определены по результатам испытаний АПК на специальном оборудовании, аттестованном ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в Томской области».

Для компьютера разработано программное обеспечение (ПО), которое включает в себя набор процедур (инструментов) для записи и обработки сигналов с нескольких каналов, их спектров и возможных присутствующих шумов.

Для обработки сигнала программа предоставляет следующий набор процедур. Процедуры чтения сигнала в первоначальном формате, соответствующем формату программы записи оцифрованных сигналов. При регистрации сигналов данные сохраняются в трех файлах.

Каждой из процедур соответствует собственное отдельное окно, по причине того, что для корректной работы каждой из процедур требуется

наличие собственного набора вспомогательных функций. Окно процедуры содержит группу вкладок и вспомогательных окон. Вспомогательные окна могут быть использованы для отображения процесса выполнения процедур (процедуры, требующие длительных вычислений), для уведомления об ошибках и др.

Рекомендуется следующая общая последовательность работы оператора с блоком обработки сигнала с нескольких каналов, рисунок 2.3:

1) Оператору из главного окна блока необходимо вызвать окно для чтения файла с сигналом в первоначальном формате.

2) В данном окне оператору необходимо выбирать сигнал и считать его.

3) Оператору необходимо просмотреть график сигнала для всех каналов, который строится по данным, взятым непосредственно из файла в первоначальном формате.

4) Необходимо выделить малый фрагмент сигнала, требующий изменения – цифровая фильтрация и др.

5) Необходимо преобразовать данные фрагмента сигнала во внутренний формат из первоначального формата.

6) Преобразованный фрагмент просматривается и анализируется во всех каналах. В случае, если фрагмент не подходит для работы, оператору необходимо вернуться к пункту 3.

7) В случае необходимости вычисляется спектр сигнала для всех каналов.

8) В случае необходимости фрагмент сигнала, его спектр для всех каналов сохраняется оператором в файлах внутреннего формата программы. При сохранении указывается имя файла и его расположение на накопителе информации.

9) Оператору необходимо закрыть окно для чтения файла первоначального формата и вернуться в основное окно блока.

10) Из основного окна блока оператору необходимо вызвать окно, требуемое для выполнения желаемой процедуры преобразования или фильтрации сигнала.

11) Оператору необходимо выделить один из каналов требующего обработки сигнала.

12) После того, как сигнал был преобразован, оператору необходимо перейти к обработке следующего канала.

13) При необходимости, обработанный сигнал и его спектр сохраняются в файлах внутреннего формата программы. При сохранении указывается имя файла и его расположение на накопителе информации.

14) Оператору необходимо закрыть окно преобразования сигнала и вернуться в основное окно блока.

15) В случае, если необходима дальнейшая обработка сигнала, то оператор должен перейти к пункту 10. Если обработка не требуется, то оператор должен закрыть программу. Работа с программой может быть завершена и по другим причинам, например, в случае окончания рабочего дня оператора. Работа с программой может быть продолжена при следующем запуске. Для этого требуется загрузить сохраненные файлы, содержащие подвергнутые обработке сигнал и его спектр.

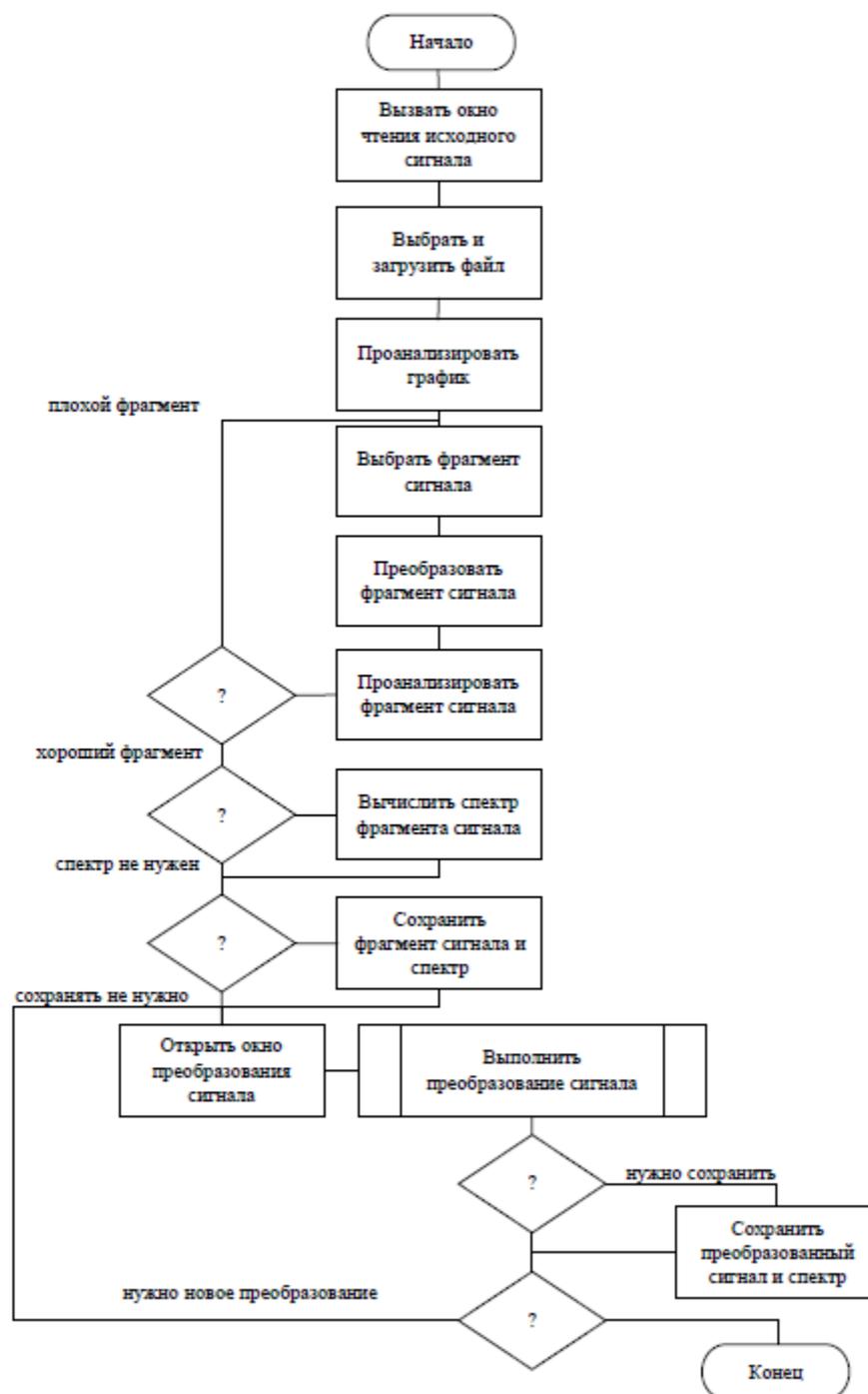
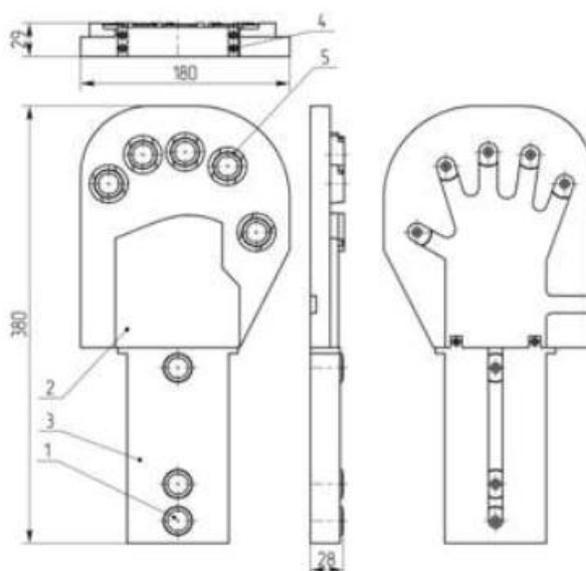


Рисунок 2.3 – Блок-схема работы с программой

### 2.3 Устройство для съема наносенсорами ЭКГ и КГР

На рисунке 2.4 представлен сборочный чертёж устройства для наложения левой руки.



1 – наносенсор, 2 – опора, 3 – основание, 4 – винт, 5 – уплотнительное кольцо  
 Рисунок 2.4 – Сборочный чертёж устройства для съёма ЭКГ и КГР с левой руки

Фото устройства для наложения левой и правой руки представлены на рисунках 2.5 а, б.



а) устройство для наложения левой руки, б) устройство для наложения правой руки

Рисунок 2.5 – Фото устройств для наложения левой и правой руки

## Выводы к главе 2

1) Сделано обоснование технических требований к измерительным схемам и программному обеспечению.

2) В работе был использован трехканальный аппаратно-программный комплекс на наносенсорах для регистрации ЭКГ, КГР и ЭЭГ в реальном времени в широкой полосе частот от 0 до 10000 Гц, уровнем от 1 мкВ, с частотой дискретизации 64 кГц без фильтрующих звеньев в измерительной цепи для оценки ПЭС.

### 3 Описание метода обработки электрофизиологических сигналов для оценки психо-эмоционального состояния человека

#### 3.1 Описание метода обработки электрофизиологических сигналов для оценки ПЭС человека, зарегистрированных наносенсорами

Для обработки биомедицинских сигналов получили применение регрессионный анализ, кластерный анализ, метод нейронных сетей, генетический анализ, линейный дискриминантный анализ (ЛДА) [44, 45].

Для принятия решений по психоэмоциональному состоянию человека необходимо учитывать большое количество переменных, измеряемых в ходе исследования. Для решения подобных задач используют методы многомерного статистического анализа. Целью эксперимента является классификация вопросов на нейтральные вопросы и вопросы, вызывающие заметное отклонение от обычного состояния (стресс) у исследуемого. При этом регистрируются биомедицинские сигналы (реакции) при ответах на нейтральные и стрессирующие вопросы, которые заранее заготовлены. Имеется также набор контрольных вопросов. Это типичная задача распознавания для двух классов с обучением. Для данной задачи наиболее подходит метод линейного дискриминантного анализа Фишера [46]. Данный классический метод широко используется в биомедицинских исследованиях, в частности, в задачах диагностики заболеваний [45].

Линейный дискриминантный анализ требует выполнения ряда предположений. Вектор наблюдений  $\vec{X} = (x_1, x_2, \dots, x_p)^T$  должен относиться к одному из двух классов, имеющих многомерные нормальные распределения с различными математическими ожиданиями и одинаковыми матрицами ковариации. В данном исследовании данные предположения выполнены.

Пусть  $X$  матрица наблюдений для нейтральных и стрессирующих вопросов

$$X(p, m + n) = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1m+n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & \dots & x_{pm+n} \end{pmatrix}. \quad (1)$$

где  $X(p, m + n)$  – матрица наблюдений;

$m$  – количество нейтральных вопросов;

$n$  – количество стрессирующих вопросов;

$p$  – количество переменных;

$x_{ij}$  – значения параметров.

Столбцы данной матрицы содержат реакции, как на нейтральные, так и на стрессирующие вопросы.

Первым шагом обработки данных является их нормировка по формуле

$$x_{ij}^H = \frac{(x_{ij} - x_{imin})}{(x_{imax} - x_{imin})}. \quad (2)$$

Здесь  $x_{imax}$ ,  $x_{imin}$  – максимальные и минимальные значения параметров в  $i$ -ой строке. Далее индекс «н» будем опускать. Разобьем матрицу  $X(p, m+n)$  на две матрицы, содержащие реакции на нейтральные и стрессирующие вопросы соответственно.

$$X(p, m) = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & \dots & x_{pm} \end{pmatrix}. \quad (3)$$

$$Y(p, n) = \begin{pmatrix} y_{11} & \dots & y_{1n} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ y_{p1} & \dots & y_{pn} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

где  $m$  – количество нейтральных вопросов;

$n$  – количество стрессирующих вопросов;

$p$  – количество переменных;

Среднее значение:

$$M_X = \begin{pmatrix} \mu_{x_1} \\ \vdots \\ \mu_{x_k} \end{pmatrix}, M_Y = \begin{pmatrix} \mu_{y_1} \\ \vdots \\ \mu_{y_k} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

где

$$\mu_{x_i} = \frac{1}{m} \cdot \sum_{j=1}^m x_{ij}, \quad (6)$$

$$\mu_{y_i} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{j=1}^n y_{ij}. \quad (7)$$

Выборочные ковариационные матрицы вычисляются по формулам (8) и (9):

$$C_X = \frac{(X-M_X) \cdot (X-M_X)^T}{m-1}, \quad (8)$$

$$C_Y = \frac{(Y-M_Y) \cdot (Y-M_Y)^T}{n-1}. \quad (9)$$

Объединенная ковариационная матрица  $C_{XY}$  определяется следующим образом:

$$C_{XY} = \frac{(m-1) \cdot C_X + (n-1) \cdot C_Y}{m+n-2}. \quad (10)$$

Коэффициенты дискриминантной функции определяются по формуле (11):

$$\vec{a} = (C_{XY})^{-1} \cdot (M_X - M_Y), \quad (11)$$

где  $(C_{XY})^{-1}$  – обратная матрица  $C_{XY}$ .

Значение дискриминантных функции для 1-класса (нейтральный):

$$f_1 = (a^T \cdot X)^T = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^k a_i \cdot x_{i1} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^k a_i \cdot x_{im} \end{pmatrix}. \quad (12)$$

Значение дискриминантных функции для 2-класса (стрессирующий):

$$f_2 = (a^T \cdot X)^T = \begin{pmatrix} \sum_{i=1}^k a_i \cdot y_{i1} \\ \vdots \\ \sum_{i=1}^k a_i \cdot y_{in} \end{pmatrix}. \quad (13)$$

Значение средней дискриминантной функции для 1-класса (нейтральный):

$$f_{1m} = a^T \cdot M_X = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^k a_i \cdot \sum_{j=1}^m x_{ij}. \quad (14)$$

Значение средней дискриминантной функции для 2-класса (стрессорирующий):

$$f_{2m} = a^T \cdot M_Y = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^k a_i \cdot \sum_{j=1}^n y_{ij} . \quad (15)$$

Константа дискриминации вычисляется по формуле:

$$C = \frac{1}{2} \cdot (f_{1m} + f_{2m}) . \quad (16)$$

Здесь предполагается, что априорные вероятности принадлежности объектов первому и второму классам равны 0,5. Стоимости ошибочной классификации одинаковы.

После получения константы дискриминации можно провести классификацию новых объектов (контрольные вопросы). Пусть матрица  $Z(p,k)$  содержит параметры контрольных вопросов,  $k$  – количество контрольных вопросов. Для того чтобы отнести эти вопросы к одному из двух классов, рассчитаем для них значения дискриминантных функций по формуле:

$$f_z = (a^T \cdot Z)^T . \quad (17)$$

Если  $f_{zj} \geq C$  ( $j$  меняется от 1 до  $k$ ), то неизвестный  $j$ -порядковый вопрос в матрице  $Z$  принадлежит к первому классу, т.е. к нейтральным вопросам. Аналогично, если  $f_{zj} < C$  то, неизвестный вопрос в матрице  $Z$  принадлежит ко второму классу.

Значение дисперсии дискриминантной функции оценивается по формуле:

$$S_f^2 = a^T \cdot C_{XY} \cdot a . \quad (18)$$

Выборочное расстояние Махаланобиса вычисляется по формуле 19:

$$D^2 = \frac{(f_1 - f_2)^2}{S_f^2} . \quad (19)$$

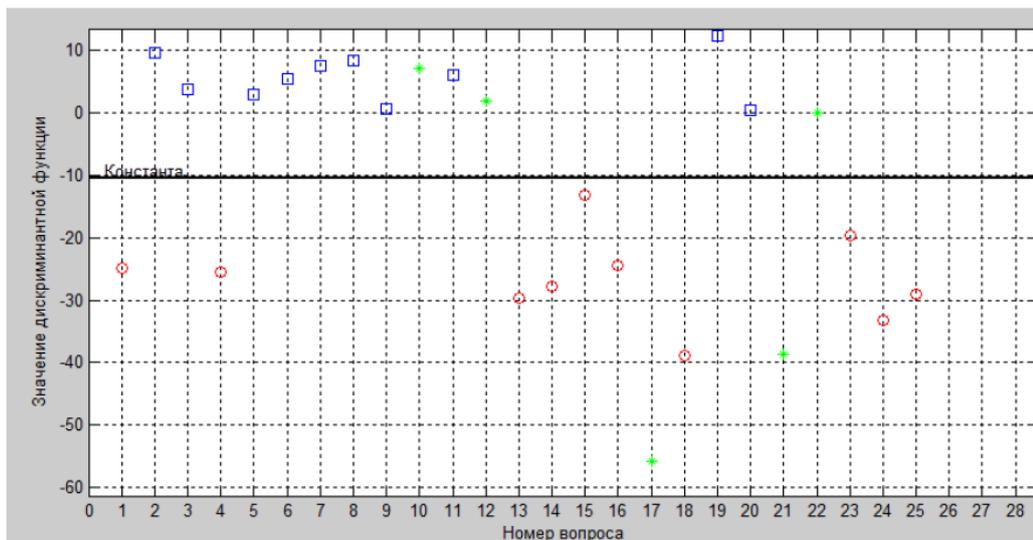
Оценки вероятности ошибок первого и второго рода одинаковы и вычисляются по формуле 20:

$$Pr = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_{-\infty}^{-D/2} e^{\frac{-t^2}{e^2}} dt. \quad (20)$$

Здесь  $t$  – переменная интегрирования.

Данный алгоритм был реализован и применен к результатам испытаний на одnogруппниках.

Получены следующие результаты



□ – спокойные вопросы, ○ – волнующие вопросы, \* – дополнительные вопросы

Рисунок 3.1 – Распределение данных по областям

Анализ показал, что наиболее значимыми параметрами в оценке ПЭС для данного исследуемого являются размах скачка ЭЭГ (коэффициент дискриминантной функции -50,1881), время до скачка ЭЭГ (коэффициент дискриминантной функции -24,8103) и время реакции КГР (коэффициент дискриминантной функции -11,5023).

### Выводы к главе 3

1) Дано описание алгоритма обработки электрофизиологических сигналов методом линейного дискриминантного анализа (ЛДА) для оценки ПЭС человека.

2) Произведены расчеты для классификации вопросов на 2 группы по параметрам зарегистрированных наносенсорами сигналов в полосе от 0 до 10000 Гц, основанная на методе ЛДА.

## **4 Предварительные исследования влияния экзаменационного стресса на психо-эмоциональное состояние**

### **4.1 Научная новизна программы**

Разработанный аппаратно-программный комплекс (далее АПК) на наносенсорах для съёма биопотенциалов кожи (КП), мозга (ЭЭГ) и сердца (ЭКГ) позволит впервые осуществлять широкополосную регистрацию биопотенциалов в полосе частот от 0 до 10000 Гц уровнем от 1 мкВ с частотой дискретизации 64 кГц без фильтрации в измерительных каналах.

Появление возможности регистрации данных сигналов открывает новые перспективы для специалистов в области психофизиологии по исследованию психоэмоционального состояния человека.

### **4.2 Цели, задачи, практическое значение программы**

Разрабатываемая программа предварительных исследований должна позволить оценить возможности применения АПК на наносенсорах для оценки психоэмоционального состояния человека. Учитывая, что один из каналов АПК предназначен для исследования сердца, исследования психоэмоционального состояния проводились на добровольцах-одногоруппниках.

Для всесторонней оценки возможностей АПК необходимо провести следующие исследования:

- провести измерение и анализ кожно-гальванической реакции;
- определить изменение частоты сердечных сокращений (ЧСС) за время исследований ЭКГ высокого разрешения;
- продемонстрировать ЭКГ высокого разрешения и её фрагменты;
- провести измерение и анализ ЭЭГ.

Практическое значение программы состоит в разработке нового инструмента для оценки психоэмоционального состояния человека, эффективности методов лечения и профилактики, направленных на снижение заболеваний, связанных с расстройством психики человека.

### 4.3 Дизайн исследования

При проведении исследований психоэмоционального состояния человека необходимо придерживаться определённой методики измерения. Исследование проводится в виде вопросов, на которые исследуемый отвечает «Да» или «Нет», при этом исследуемый должен быть в состоянии покоя.

Перед исследованием, доброволец должен находиться в трезвом состоянии, без присутствия седативных веществ в крови. Необходимо так же убедиться в отсутствии на поверхности кожи раздражений и язв.

Обычно доброволец находится в положении лёжа или сидя, так чтобы обеспечить максимум удобства во время исследования. Необходимо убедиться, что исследуемый не испытывает дискомфорта, так как напряжённые мышечные волокна, нервные узлы, сигнализирующие о дискомфорте, могут повлиять на результаты измерения, внося в общий фон потенциалы возбуждения. Кожу в местах наложения наносенсоров очищают 90% раствором спирта.

Рабочую поверхность наносенсоров тщательно очищают и накладывают на диагностируемую поверхность. На грудной клетке и голове наносенсоры фиксируют с помощью обычного лейкопластыря, левую руку накладывают на специально разработанное устройство с наносенсорами для наложения руки.

На рисунке 4.1 показаны места для определения кожно-гальванической реакции. Наносенсоры накладываются на фалангу указательного и безымянного пальцев.

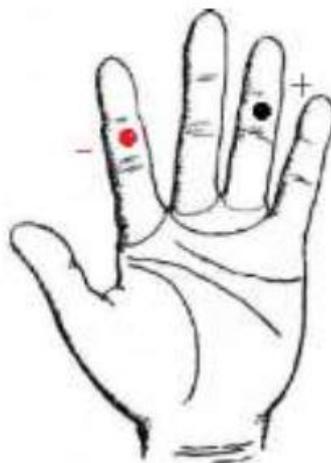


Рисунок 4.1 – отведения КГР

Электрокардиограмму снимали с грудной клетки с 1 отведения по Холтеру, земля справа.

Для электроэнцефалограммы используется биполярное отведение, находящееся над лимбической системой, в точках T3 и F7, согласно международной системы 10-20%, рисунок 4.2. Данная система отвечает за эмоциональное состояние человека.

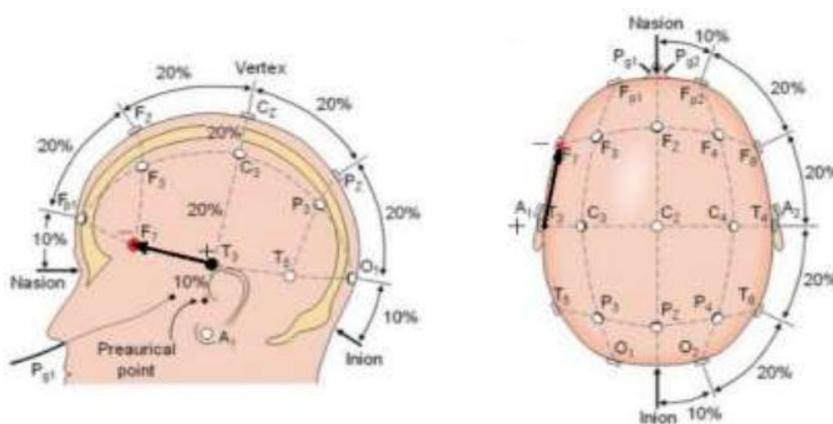


Рисунок 4.2 – отведение ЭЭГ

При тестировании для выявления эмоционального ответа у добровольцев использовался ряд вопросов: спокойные (нейтральные) и волнующие (стрессорирующие). Для формирования вопросника использовалась методика по Варламову В.А. [47].

При проведении теста записывается время начала тестирования, время начала каждого вопроса и время ответа на вопрос. Данная запись требуется для дальнейшей работы с полученными данными после тестирования.

#### 4.4 Методика проведения исследований

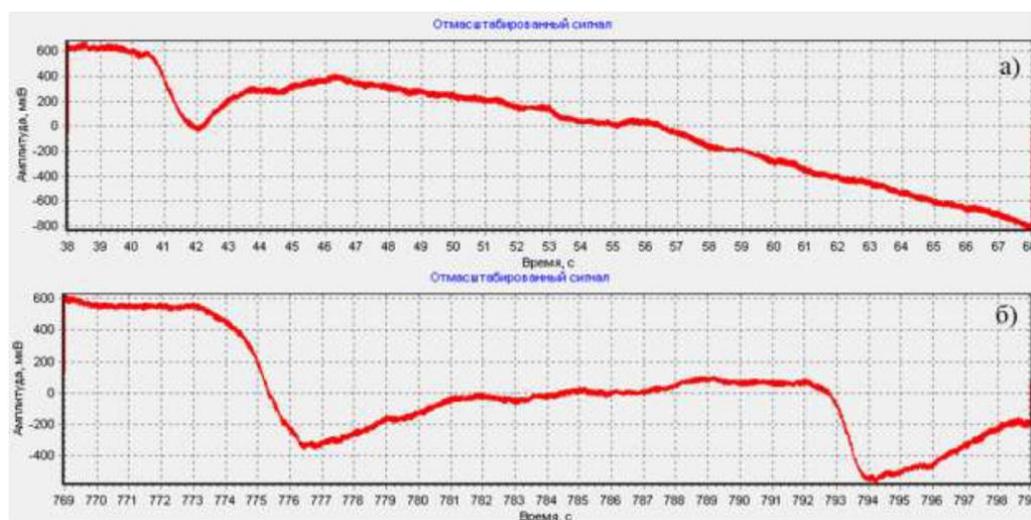
Исследования на АПК проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации АПК.

- провести измерение и анализ кожно-гальванической реакции;
- определить изменение частоты сердечных сокращений (ЧСС) за время исследований ЭКГ высокого разрешения;
- продемонстрировать ЭКГ высокого разрешения и её фрагменты;
- провести измерение и анализ ЭЭГ;
- построить гистограммы распределения параметров.

1. Должны быть проанализированы следующие параметры зарегистрированных сигналов:

- изменение КГР –  $\Delta U$  – КГР-1 (мкВ);
- время реакции КГР-1 (с);
- время до реакции КГР-1 (с);
- изменение КГР –  $\Delta U$  – КГР-2 (мкВ);
- время реакции КГР-2 (с);
- время до реакции КГР-2 (с);

Пример – исследуемый 11, рисунок 4.3 а,б.



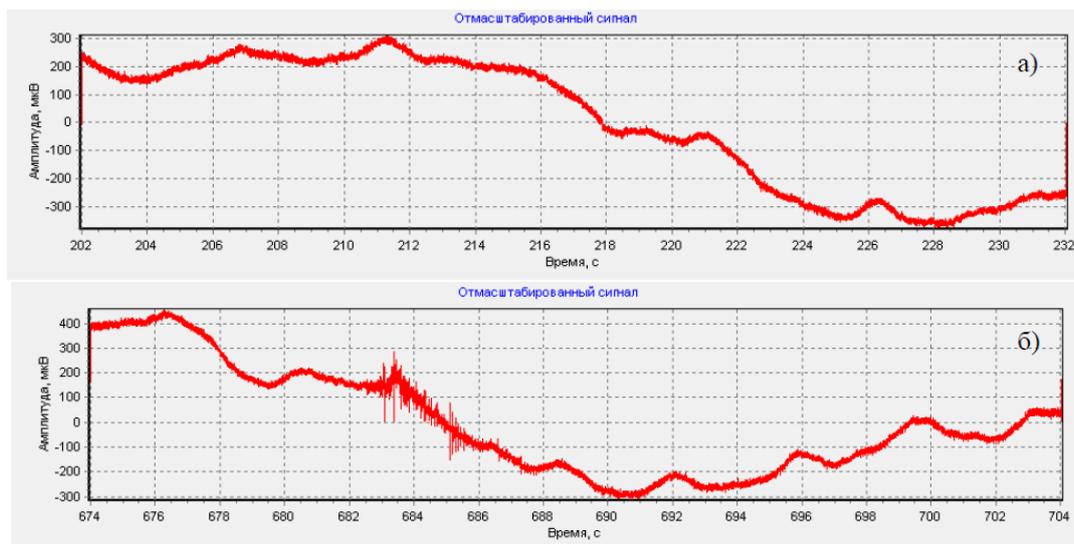
а) спокойный вопрос - начало вопроса 40 с, конец 43 с, вопрос 2; б) волнующий вопрос – начало вопроса 773 с, конец 776 с, вопрос 26

Рисунок 4.3 – Изменение КГР

Анализируются следующие параметры КГР:

- размах импульсов КГР (мкВ);
- количество импульсов на КГР;
- время до реакции импульсов на КГР (с);
- длительность импульсов реакции на КГР (с).

Пример-исследуемый 4, рисунок 4.4.



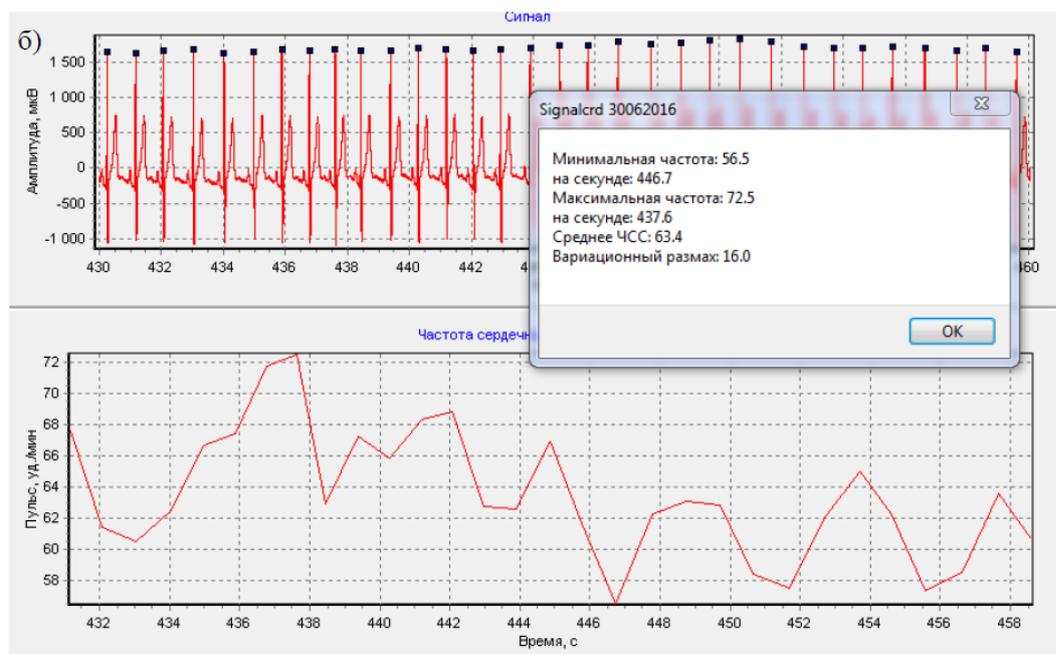
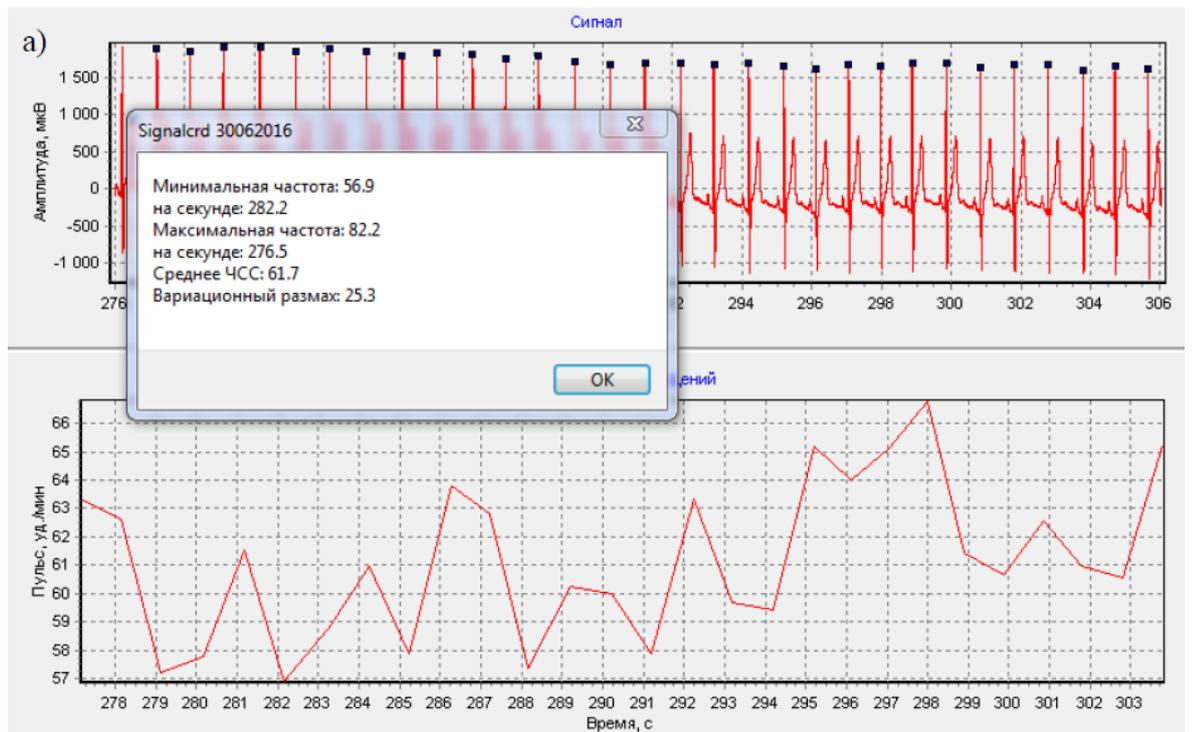
а) спокойный вопрос - начало вопроса 206 с, конец 209 с, вопрос 7;

б) волнующий вопрос - начало вопроса 677 с, конец 681 с, вопрос 21

Рисунок 4.4 – Импульсы на КГР

Ниже приведен пример исследования изменения ЧСС.

Пример – исследуемый 6, рисунок 4.5.

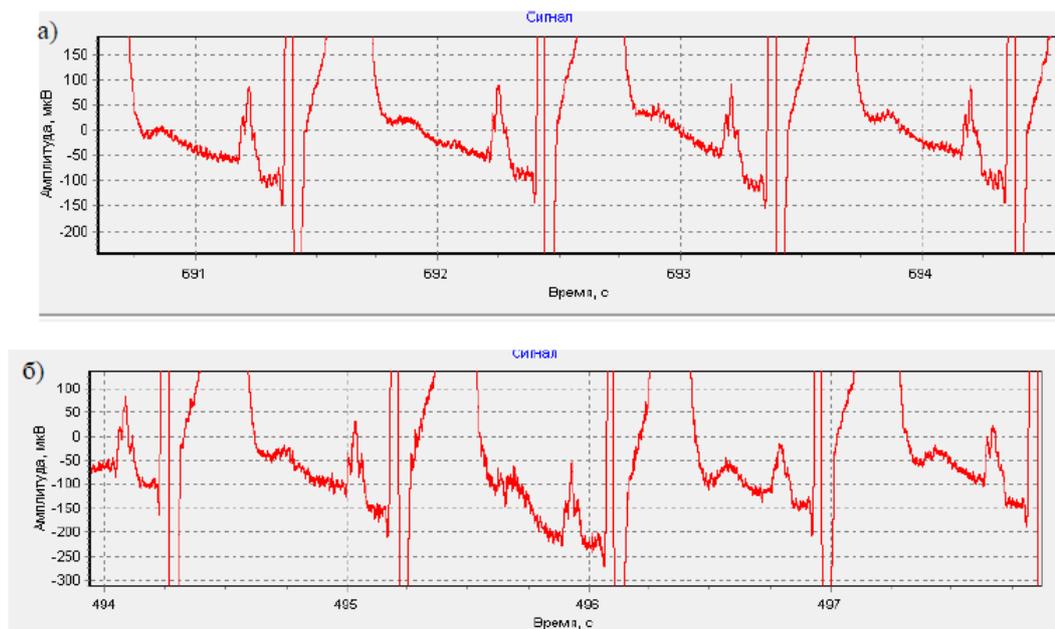


- а) спокойный вопрос - начало вопроса 281 с, конец 284 с, вопрос 9;
- б) волнующий вопрос - начало вопроса 434 с, конец 438 с, вопрос 14

Рисунок 4.5 – Изменение ЧСС

Ниже приведен пример исследования изменения микропотенциалов на ЭКГ.

Пример – исследуемый 6, рисунок 4.6.



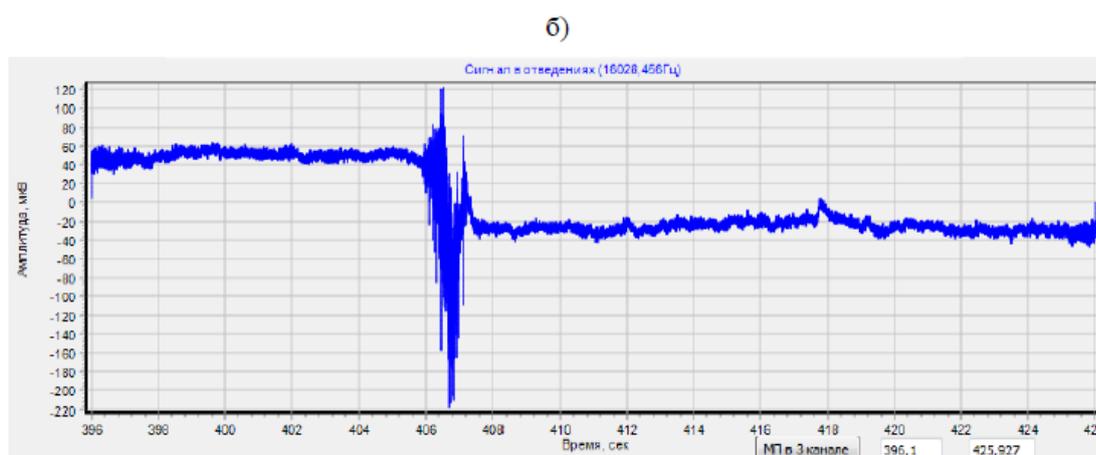
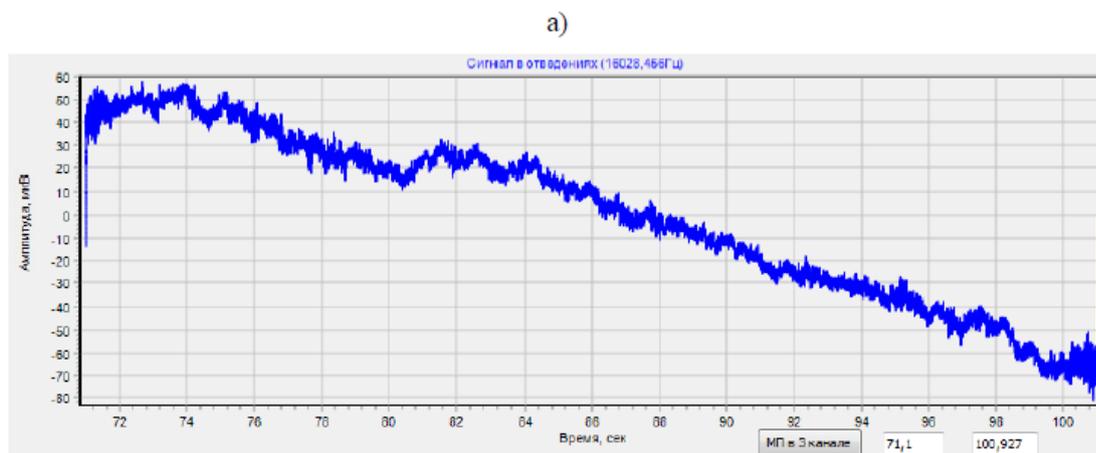
- а) спокойный вопрос - начало вопроса 691 с, конец 694 с, вопрос 22;  
 б) волнующий вопрос - начало вопроса 494 с, конец 498 с, вопрос 16

Рисунок 4.6 – Изменение микропотенциалов на ЭКГ

Определение параметров:

- размах импульсов ЭЭГ(мкВ);
- время до реакции импульсов ЭЭГ(с);
- длительность импульсов ЭЭГ(с).

Пример – исследуемый 12, рисунок 4.7.



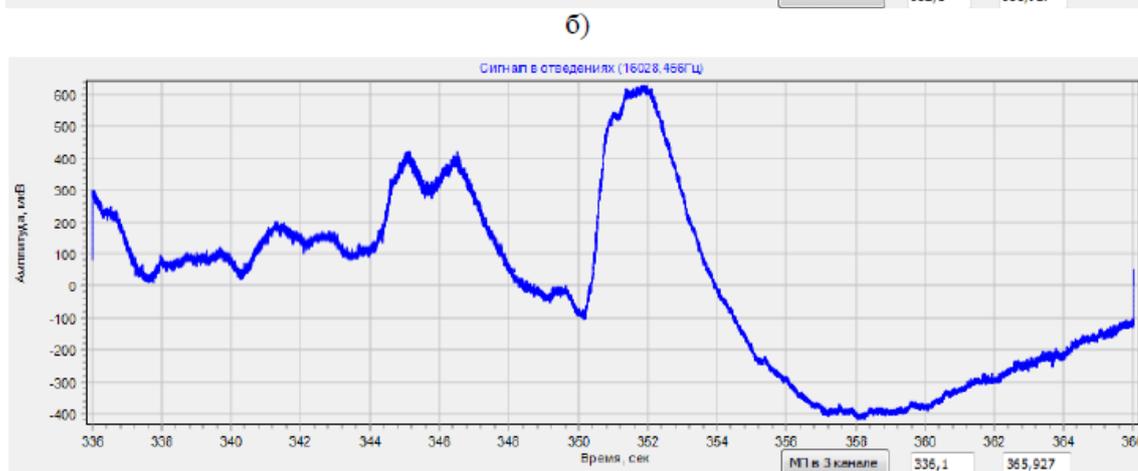
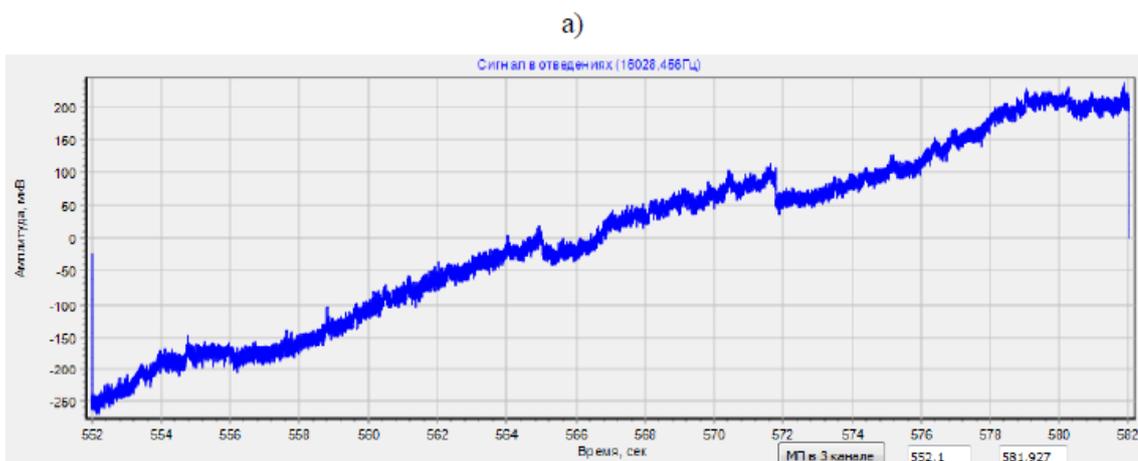
- а) спокойный вопрос - начало вопроса 76 с, конец 78 с, вопрос 3;  
 б) волнующий вопрос – начало вопроса 401 с, конец 407 с, вопрос 13

Рисунок 4.7 – Размах импульсов ЭЭГ

Исследование параметров:

- размах скачка на ЭЭГ-1(мкВ);
- длительность скачка на ЭЭГ-1(с);
- время до скачка ЭЭГ-1 (с);
- размах скачка на ЭЭГ-2(мкВ);
- длительность скачка на ЭЭГ-2(с);
- время до скачка ЭЭГ-2 (с).

Пример - исследуемый 13, рисунок 4.8.



а) спокойный вопрос - начало вопроса 556 с, конец 560 с, вопрос 16;

б) волнующий вопрос – начало вопроса 341 с, конец 344 с, вопрос 10

Рисунок 4.8 – Размах скачков на ЭЭГ

2. С помощью линейного дискриминантного анализа (ЛДА) определить значимость каждого параметра для деления вопросов на два класса.

3. Провести оптимизацию количества параметров и вопросов для устойчивого деления вопросов на спокойные и волнующие.

#### 4.5 Анализ полученных результатов

Исследования проводились на группе людей, состоящей из 6 человек. В качестве испытуемых выступили коллеги-одногруппники. Все исследуемые входили в возрастную категорию от 22 до 26 лет, не имели физических отклонений и заболеваний.

Полученные результаты тестирования были разделены на 2 типа вопросов:

1) Спокойные (нейтральные), которые не вызывают сильные эмоции.

2) Вопросы, которые могут вызвать волнение (стрессорные).

В процессе исследования осуществлялась запись хронограммы с интервалом в 30 секунд, регистрировалось время начала и конца вопроса.

Приведем пример анализа зарегистрированных сигналов исследуемого

1.

Исследуемому 1 были предъявлены следующие вопросы, таблица 4.1

Таблица 4.1 – Таблица вопросов, исследуемый 1

Номер вопроса		Начало, с	Конец, с			да/нет
1	Вас зовут Люда?	00:11	00:14	11	14	Да
2	Помните ли Вы дословно тему своей выпускной квалификационной работы?	00:46	00:49	46	49	Да
3	Выспались ли Вы сегодня?	01:19	01:25	79	85	Да
4	Все ли в Ваше ВКР сделано идеально?	01:55	02:00	115	120	Нет
5	Готовы ли Вы к защите ВКР перед комиссией?	02:28	02:34	148	154	Да
6	Предпринимали ли вы какие-либо ухищрения и уловки для уменьшения % плагиата?	03:06	03:10	186	190	Нет
7	Вам 20 лет?	03:43	03:48	223	228	Да
8	Вы сможете ответить на все вопросы комиссии?	04:16	04:20	256	260	Да
9	Вы получите "отлично" по ВКР?	04:50	04:56	290	294	Да
10	Готовы ли вы к тому, что вас не допустят к защите по каким-либо причинам или вы получите "двойку"?	05:22	05:26	322	326	Нет
11	Вы готовы продолжать?	05:58	06:02	358	362	Да
12	Сообщите ли вы родителям, если защитите ВКР на "двойку"?	06:28	06:32	388	392	Да
13	Свойственно ли Вам проявление волнения на физическом уровне (дрожание рук, дрожание голоса, и т.п.)	07:08	07:12	428	432	Да
14	Уверены ли Вы, что сможете понять вопрос, который вам могут задать на английском языке и ответить на него?	07:44	07:48	464	468	Нет
15	Вы хотите получить шоколадку после тестирования?	08:14	08:18	494	498	Нет
16	Вы не получите шоколадку после тестирования, Вы согласны с этим?	08:50	08:54	530	534	Да

В таблице 4.2 систематизированы результаты регистрации КГР, ЭЭГ и ЭКГ в ответ на заданные вопросы. В таблице 4.3 представлены параметры

зарегистрированных сигналов исследуемого 1, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы.

Таблица 4.2 – Параметры зарегистрированных сигналов, испытуемый 1

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>ΔУКГР, мкВ</i>	550	1070	950	1730	1250	680	650	1240	1000	280	500	-150	-220	580	-125	-100
<i>Изменение ЧСС</i>	нет	-9	-9	-14,6	-10,6	-8,5	Нет	-8,1	-7,8	нет	нет	-6,8	-11,2	-11,4	нет	-6
<i>Размах импульсов КГР, мкВ</i>	130/20	120/20	60/20	80/10	75/10	50/10	60/10	90/10	160/10	50/10	25/10	70/10	30/10	60/10	нет	Нет
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	нет	нет	нет	Нет	Нет	нет	Нет	нет	120/50	нет	нет	нет	130/50	нет	нет	Нет
<i>Время реакции КГР, с</i>	3	2	2,4	2,5	2,5	2,6	1,6	4,5	2	2	5	9	7	7	9	10
<i>Время до реакции КГР, с</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Время до реакции импульсов на КГР, с</i>	0	2	0	1,2	2,25	3,8	0	2,4	16,6	1,5	14,2	1,2	7,3	21,87	нет	Нет
<i>Длительность импульсов реакции на КГР, с</i>	12	10,5	5,5	0,5	0,4	1,5	0,8	0,05	2,3	2	0,5	7,8	4,6	0,28	нет	Нет
<i>Время до реакции ЭЭГ, с</i>	нет	нет	нет	Нет	Нет	нет	Нет	нет	0	нет	нет	нет	6,6	нет	нет	Нет
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	нет	нет	нет	Нет	Нет	нет	Нет	нет	4,1	нет	нет	нет	0,15	нет	нет	Нет

Таблица 4.3 – Параметры, которые были использованы для классификации вопросов на 2 группы

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
<i>ΔUКГР, мкВ</i>	550	1070	950	1730	1250	680	650	1240	1000	280	500	-150	-220	580	-	-
<i>Изменение ЧСС</i>	нет	-9	-9	-14,6	-10,6	-8,5	Нет	-8,1	-7,8	нет	нет	-6,8	-11,2	-11,4	нет	-6
<i>Размах импульсов КГР, мкВ</i>	130/20	120/20	60/20	80/10	75/10	50/10	60/10	90/10	160/10	50/10	25/10	70/10	30/10	60/10	нет	Нет
<i>Размах ЭЭГ, мкВ</i>	нет	нет	нет	нет	Нет	нет	Нет	нет	120/50	нет	нет	нет	130/50	нет	нет	Нет
<i>Время реакции КГР, с</i>	3	2	2,4	2,5	2,5	2,6	1,6	4,5	2	2	5	9	7	7	9	10
<i>Время до реакции импульсов на КГР, с</i>	0	2	0	1,2	2,25	3,8	0	2,4	16,6	1,5	14,2	1,2	7,3	21,87	нет	Нет
<i>Длительность импульсов реакции на КГР, с</i>	12	10,5	5,5	0,5	0,4	1,5	0,8	0,05	2,3	2	0,5	7,8	4,6	0,28	нет	Нет
<i>Время до реакции ЭЭГ, с</i>	нет	нет	нет	нет	Нет	нет	Нет	нет	0	нет	нет	нет	6,6	нет	нет	Нет
<i>Длительность импульсов ЭЭГ, с</i>	нет	нет	нет	нет	Нет	нет	Нет	нет	4,1	нет	нет	нет	0,15	нет	нет	Нет

Далее представлены результаты деления на 2 класса методом ЛДА, исследуемый 1 до экзаменов.

Значения коэффициентов дискриминантной функции исследуемых параметров представлены в таблице 4.4, жирным шрифтом выделены наибольшие коэффициенты.

Таблица 4.4 – Коэффициенты дискриминантной функции

1 $\Delta U$ – КГР (мкВ)	<b>-46.3323</b>
2 Изменение ЧСС	-6.1107
3 Размах ЭЭГ (мкВ)	<b>-44.6971</b>
4 Время реакции КГР (с)	-7.9904
5 Время до реакции КГР (с)	8.8145
6 Время до реакции импульсов ЭЭГ (с)	<b>-17.7252</b>
7 Длительность импульсов ЭЭГ(с)	<b>15.2282</b>

Наиболее значимые параметры для психофизиологического анализа исследуемого 1 являются:

- $\Delta U$  – КГР (мкВ): **-46.3323**;
- Размах ЭЭГ (мкВ): **-44.6971**;
- Время до реакции импульсов ЭЭГ (с): **-17.7252**;
- Длительность импульсов ЭЭГ (с): **15.2282**.

В таблице 4.5 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров. Выбираются параметры по степени уменьшения значения коэффициента дискриминантной функции. В таблице 5.6 представлены результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном количестве параметров, в данном исследовании используются для анализа 3 наиболее значимые параметра:  $\Delta U$  – КГР (мкВ) ; количество импульсов на КГР; длительность импульсов ЭЭГ(с).

В таблицах используются следующие обозначения:

- АхБ, А – число параметров, Б – число вопросов;
- С – константа дискриминации;
- Pr – вероятность ошибки первого и второго рода;

- D2 –расстояние Махаланобиса;
- QN (+) – спокойные (нейтральные) вопросы;
- QS (x) – волнующие (стрессорирующие) вопросы;
- QK (k) – контрольные вопросы.
- Исх. – исходные данные;
- Рез. – результат деления методом ЛДА;
- ? – неустойчивый результат.

По результатам анализа можно сделать вывод, что устойчивое деление на классы вопросов при исследовании исследуемого 1 возможно при использовании 3-х наиболее значимых параметров, количество вопросов должно быть не менее 4. Психофизиолог при повторных исследованиях данного исследуемого может с меньшими временными затратами проводить исследования.

Таблица 4.5 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества параметров

	7x6				3x9				4x9				5x9				6x9			
	C = -27.6755				C = -13.4386				C = -13.6956				C = -13.8808				C = -15.9315			
	Pr = 0.0011				Pr = 0.0155				Pr = 0.0149				Pr = 0.0141				Pr = 0.0122			
	D2 = 37.5856				D2 = 18.6237				D2 = 18.8902				D2 = 19.2875				D2 = 20.2488			
	QN(+)= $[2;3;7;8;9;11]$ ; QS(x)= $[4;5;6;14]$ ; QK(k)= $[1;10;12;13;15;16]$				QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10;11;12]$ ; QS(x)= $[4;5;6;14]$ ; QK(k)= $[13;15;16]$				QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10;11;12]$ ; QS(x)= $[4;5;6;14]$ ; QK(k)= $[13;15;16]$				QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10;11;12]$ ; QS(x)= $[4;5;6;14]$ ; QK(k)= $[13;15;16]$				QN(+)= $[1;2;3;7;8;9;10;11;12]$ ; QS(x)= $[4;5;6;14]$ ; QK(k)= $[13;15;16]$			
Исх.	QN		QS																	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.																
1		1к			1+	1+			1+	1+			1+	1+				1к		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+			1+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4х	4х																
5			5х	5х																
6			6х	6х																
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+		
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+		
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+		
10		10к			10+	10+			10+	10+			10+	10+			10+	10+		
11	11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+			11+	11+		
12		12к			12+	12+			12+	12+			12+	12+			12+	12+		
13		13к																		
14			14х	14х																
15		15к																		
16		16к																		

Таблица 4.6 – Результаты деления вопросов на 2 класса в зависимости от количества вопросов при заданном числе параметров

	7x6				3x8				3x7				3x6				3x5				
	C = -27.6755				C = -14.7475				C = -16.1301				C = -15.3118				C = -12.5644				
	Pr = 0.0011				Pr = 0.0106				Pr = 0.0096				Pr = 0.0104				Pr = 0.0203				
	D2 = 37.5856				D2 = 21.2385				D2 = 21.9380				D2 = 21.3859				D2 = 16.7684				
	QN(+)= [2;3;7;8;9;11]; QS(x)= [4;5;6;14]; QK(k)= [1;10;12;13;15;16]				QN(+)= [1;2;3;7;8;9;10;11]; QS(x)= [4;5;6;14]; QK(k)= [12;13;15;16]				QN(+)= [1;2;3;7;8;9;10]; QS(x)= [4;5;6;14]; QK(k)= [ 11;12;13;15;16]				QN(+)= [1;2;3;7;8;9]; QS(x)= [4;5;6;14]; QK(k)= [ 10;11;12;13;15;16]				QN(+)= [1;2;3;7;8]; QS(x)= [4;5;6;14]; QK(k)= [ 9;10;11;12;13;15;16]				
Исх.	QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		QN		QS		
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	
1		1к			1+	1+			1+	1+			1+	1+					1к		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+			2+	2+			1+	2+			
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+			3+	3+			
4			4х	4х			4х	4х			4х	4х			4х	4х			4х	4х	
5			5х	5х			5х	5х			5х	5х			5х	5х			5х	5х	
6			6х	6х			6х	6х			6х	6х			6х	6х			6х	6х	
7	7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+			7+	7+			
8	8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+			8+	8+			
9	9+	9+			9+	9+			9+	9+			9+	9+					9к		
10		10к			10+	10+			10+	10+				10к					10к		
11	11+	11+			11+	11+				11к				11к					11к		
12		12к				12к				12к				12к					12к		
13		13к				13к				13к				13к					13к		
14			14х	14х			14х	14х			14х	14х			14х	14х			14х	14х	
15		15к				15к				15к				15к					15к		
16		16к				16к				16к				16к					16к		

Продолжение таблицы 4.6

	7x6				3x4				3x3			
	C = -27.6755				C = -24.9524				C = -19.2198			
	Pr = 0.0011				Pr = 0.0016				Pr = 0.0072			
	D2 = 37.5856				D2 = 34.7060				D2 = 23.9173			
	QN(+)= [2;3;7;8;9;11]; QS(x)= [4;5;6;14]; QK(k)= [1;10;12;13;15;16]				QN(+)= [1;2;3;7;8]; QS(x)= [4;5;6;14]; QK(k)= [ 9;10;11;12;13;15;16]				QN(+)= [1;2;3;7]; QS(x)= [4;5;6;14]; QK(k)= [ 8;9;10;11;12;13;15;16]			
Исх.	QN		QS		QN		QS		QN		QS	
	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.	Исх.	Рез.
1		1к			1+	1+			1+	1+		
2	2+	2+			2+	2+			2+	2+		
3	3+	3+			3+	3+			3+	3+		
4			4х	4х			4х	4х			4х	4х
5			5х	5х			5х	5х			5х	5х
6			6х	6х			6х	6х			6х	6х
7	7+	7+			7+	7+				7к		
8	8+	8+				8к				8к		
9	9+	9+				9к				9к		
10		10к				10к				10к		
11	11+	11+				11к				11к		
12		12к				12к				12к		
13		13к				13к				13к		
14			14х	14х			14х	14х			14х	14х
15		15к				15к				15к		
16		16к				16к				16к		

Данный анализ показывает, что разделение на группы не зависит от количества параметров при изменении от 9 до 3 при постоянном числе вопросов, равном 9 и разделение на группы вопросов исследуемого 10 не зависит от количества вопросов при использовании для классификации 3 наиболее значимых параметров.

#### **Вывод к главе 4**

1) Разработана программа и методики исследования ПЭС на добровольцах.

2) Впервые для оценки ПЭС человека будут проведены исследования следующих параметров:

- размах импульсов КГР (мкВ);
- количество импульсов на КГР;
- время до реакции импульсов на КГР (с);
- длительность импульсов реакции на КГР (с);
- изменение микропотенциалов на ЭКГ;
- размах скачка на ЭЭГ-1 (мкВ);
- длительность скачка на ЭЭГ-1 (с);
- время до скачка ЭЭГ-1 (с);
- размах скачка на ЭЭГ-2 (мкВ);
- длительность скачка на ЭЭГ-2 (с);
- время до скачка ЭЭГ-2 (с).

3) Представлены результаты регистрации и обработки исследования ПЭС исследуемого 1. Данные представлены в виде таблиц и графиков.

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

Магистерская диссертация включает в себя обзор показателей психо-эмоционального состояния человека и непосредственная оценка влияния экзаменационного стресса на психо-эмоциональное состояние (ПЭС) студентов ТПУ методом линейного дискриминантного анализа. Все измерения проводились на аппаратно-программном комплексе (АПК) в лаборатории №63 медицинского приборостроения Томского Политехнического университета. Следовательно, исследования, проведенные в рамках написания магистерской диссертации, не несут в себе особых денежных затрат.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» будут рассмотрены:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ:
  - Потенциальные потребители результатов исследования;
  - Анализ конкурентных технических решений;
2. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок:
  - Структура работ в рамках научного исследования;
  - Определение трудоемкости выполнения работ;
  - Разработка графика проведения научного исследования;
  - Бюджет научно-технического исследования.

### **5.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

На Российском рынке только единицы приборов обеспечивают многосторонний анализ психофизиологии человека. Остальная часть основана на исследованиях одного определенного или нескольких параметров, по результатам которых ставится диагноз психологического состояния человека. При этом от одного устройства к другому набор параметров не меняется на протяжении многих лет, оставляя «белые пятна» в

исследовании психофизиологических процессов человека. Такой подход не дает полной картины состояния пациента и может являться причиной постановки неправильного диагноза и ошибочного формирования курса лечения. При этом наличие научных трудов, освещающих проблему важности психологического здоровья человека в различных сферах его деятельности, а так же наличие исследований, пытающихся раскрыть связь между ПЭС и электрофизиологическими процессами в организме с использованием сложных масштабируемых измерительных систем, показывает нерешенность проблемы и ее обострение на фоне существующих устройств для исследования ПЭС.

Таким образом, анализ показывает необходимость создания новых устройств и внедрения новых методов, использования расширенных частотных и амплитудных диапазонов, а так же, поиска новых маркеров для определения и анализа ПЭС человека. Используемый в работе АПК уникален и удовлетворяет всем требованиям рынка. Данная разработка найдет применение в медицинских учреждениях

## **5.2 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов. С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- технические характеристики разработки;
- конкурентоспособность разработки;
- уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- бюджет разработки;
- уровень проникновения на рынок;
- финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения

Анализ конкурентных технических решений позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, в которой представлен объект магистерской диссертации (Р) и два конкурента (К1 и К2). Оценочная карта приведена в таблице 5.1.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i - B_i \quad (5.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$  –го показателя.

Таблица 5.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентноспособность		
		$B_p$	$B_{K1}$	$B_{K2}$	$K_p$	$K_{K1}$	$K_{K2}$
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,35	5	4	5	1,75	0,40	1,75
2. Энергоэкономичность	0,20	4	4	3	0,80	0,80	0,60
3. Безопасность	0,20	3	3	4	0,60	0,60	0,60
5. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,25	5	3	4	1,25	0,75	1,00
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>4,40</b>	<b>2,55</b>	<b>3,95</b>
<b>Примечание:</b> $B_p$ – оценочные баллы разработки; $B_{K1}$ – оценочные баллы первого конкурента; $B_{K2}$ – оценочные баллы второго конкурента; $K_p$ – конкурентоспособность разработки; $K_{K1}$ – конкурентоспособность первого конкурента; $K_{K2}$ – конкурентоспособность второго конкурента.							

Уязвимость позиции конкурентов заключается в том, что их разработки имеют небольшую функциональную мощность и соответственно имеют невысокую конкурентоспособность, потому имеется возможность занять свою нишу и увеличить определенную долю рынка.

Конкурентное преимущество разработки заключается в том, что МСИ ПКЭ, рассматриваемые в рамках магистерской диссертации, имеют высокий уровень функциональной мощности, а также данные МСИ удобны и быстры в своем исполнении. Если рассматривать данные МСИ с точки зрения экономической эффективности, то можно сказать, что они не требуют больших финансовых затрат.

### 5.3 Структура работ в рамках научного исследования

Для планирования процесса НТИ и выполнения научного исследования была создана рабочая группа, в которую вошли научный руководитель (НР) и студент (С), выполняющий написание магистерской диссертации.

В данном подразделе был создан перечень работ и отдельных этапов в рамках проведения исследования, а также приведены исполнители по каждому виду работ. Данный перечень представлен в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Перечень работ и распределение исполнителей

Основные этапы	Номер работы	Содержание работ	Исполнитель
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	НР
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материала по теме	С
	3	Выбор направления исследования	НР, С
	4	Календарное планирование работ по теме	С
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Изучение теоретического материала по выбранному направлению	С
	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	С
	7	Проведение эксперимента	С
	8	Обработка данных, полученных в ходе выполнения эксперимента	С
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	НР, С

Проанализировав данную таблицу можно сделать вывод, что научный руководитель имеет загруженность в работе на 33%, а студент на 98%. По данным таблицы 5.2 в следующих разделах будет построен график реализации проекта.

#### 5.4 Определение трудоемкости выполнения работ

Для того, чтобы рассмотреть процесс управления НИИ определим трудоемкость выполнения работ для каждого исполнителя. Эта задача является важной частью работы, т.к. трудовые затраты чаще всего являются основной частью стоимости проведенного исследования.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости  $t_{ожi}$  рассчитано по формуле:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{мини} + 2t_{маxi}}{5}, \quad (5.2)$$

где  $t_{ожi}$  – ожидаемое значение трудоемкости выполнения  $i$  – ой работы, чел.-дн.;

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

$t_{маxi}$  – максимально возможная трудоемкость заданной  $i$  – ой работы, чел.-дн.

Исходя из полученных значений  $t_{ожi}$  рассчитывается продолжительность каждого вида работы в рабочих днях  $T_p$  по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{ч_i}, \quad (5.3)$$

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

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

Далее составим график проведения научного исследования, для этого используем диаграмму Ганта, т.к. она является наиболее наглядным и удобным способом построения графика.

Для удобства разработки графика необходимо перевести длительность каждого этапа работ из рабочих дней в календарные.

Продолжительность выполнения  $i$  –ой работы в календарных днях  $T_{ki}$  рассчитывается по формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (5.4)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность выполнения этапа в рабочих днях;

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

$k$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности в свою очередь рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{T_{КГ}}{T_{КГ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (5.5)$$

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

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

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

В соответствии с производственным календарем на 2019 год календарных дней – 365, выходных и праздничных дней при шестидневной рабочей неделе – 54. Таким образом, получили значение  $k = 1,4$ . Все рассчитанные значения были занесены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Временные показатели проведения НТИ

Номер работы	Исполнитель и	Трудоемкость работ			Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$ , раб. дн.	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$ кал. дн.
		$t_{\min i}$ чел.- дн.	$t_{\max i}$ чел.- дн.	$t_{\text{ож}i}$ чел.- дн.		
1	НР	1	2	1,4	1,4	2
2	С	7	10	8,2	8,2	11
3	НР,С	4	7	5,2	2,6	4
4	С	4	6	4,8	4,8	7
5	С	15	17	15	15	20
6	С	19	20	19	19	21
7	С	6	9	7,8	2,8	4
8	С	5	7	5,8	5,8	8
9	НР,С	2	3	2,4	1,2	2

На основании таблицы 5.3 был построен календарный план-график, представленный в таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Календарный план-график

Номер работы	Исполнители	$T_{ki}$ – кал. дн	Продолжительность выполнения работ												
			Февраль		Март			Апрель			Май				
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	НР	2	□												
2	С	11	■												
3	НР	4		□											
	С			■											
4	С	7			■										
5	С	20				■									
6	С	21					■								
7	С	4											■		
8	С	8												■	
9	НР, С	2													□

На основании таблицы 5.3. был построен календарный план-график.

Данный график строится для наибольшего по длительности исполнения работ в рамках исследовательской работы с разбиением по месяцам, а затем по декадам за период времени написания дипломной работы. При этом на графике работы для научного руководителя выделены косой штриховкой, а студента – сплошной заливкой. На основании полученного графика можно проследить реализацию разработки, рассматриваемой в рамках магистерской работы.

### 5.5 Определение бюджета научно-технического исследования

Планируя бюджет научно-технического исследования (НТИ), необходимо обеспечить достоверное и полное отражение всех видов расходов, которые связаны с его выполнением. Для определения бюджета НТИ в рамках выполнения магистерской диссертации с учетом выбранного направления исследования и исполнителей работы рассчитаны следующие виды затрат:

- материальные затраты НТИ;
- полная заработная плата исполнителей темы;

- затрата на электроэнергию;
- отчисления во внебюджетные фонды.

### 5.5.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

В рамках расчета материальных затрат НИИ должны быть учтены:

- приобретаемые сырье и материалы, необходимые для создания продукции;
- покупаемые материалы, необходимые для поддержания нормального технологического процесса;
- затраты на дополнительные комплектующие;
- сырье, материалы, различные комплектующие изделия, применяемые в качестве объектов исследования;
- затраты на канцелярские принадлежности.

Материальные затраты  $Z_M$  на  $i$  – й материальный ресурс рассчитывается по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m (C_i \cdot N_{расхi}) \quad (5.6)$$

где  $k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы;

$m$  – количество видов материальных ресурсов, используемых для выполнения научного исследования;

$C_i$  – цена на приобретение  $i$  – го вида приобретаемого материального ресурса;

$N_{расхi}$  – количество материального ресурса  $i$  – го вида, которое планируется для использования при выполнении научного исследования.

Значения цен были взяты на основании чеков после приобретения соответствующего вида продукции. После проведения расчетов материальных затрат результаты занесли в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы З <sub>м</sub> , руб.
Заправка картриджа	Шт.	1	250	250
Пачка бумаги формата А4	Шт.	1	200	200
Итого			450	450

Т.к. исследование в рамках выполнения магистерской работы включает в себя лишь аналитический обзор, а также использование конкретного метода обработки данных, то оно предусматривает затраты лишь на канцелярские принадлежности. А именно, в ходе выполнения работы была приобретена пачка бумаги формата А4 и заправлен картридж для принтера.

В ходе научно-технического исследования у приобретенных материалов не было остатков, следовательно, не нужно исключать стоимость возвратных отходов.

### 5.5.2 Расчет основной заработной платы исполнителей темы

В рамках данного пункта рассчитывается основная заработная плата для всех исполнителей, участвующих в проведении НТИ. Величина расходов по заработной плате рассчитывается на основании трудоемкости выполняемых работ, а также действующей системы тарифных ставок и окладов.

Заработная плата участников выполнения НТИ учитывает как основную заработную плату, так и дополнительную и рассчитывается по формуле:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (5.7)$$

Где  $Z_{осн}$  – величина основной заработной платы;

$Z_{доп}$  – величина дополнительной заработной платы, принятая за 15% от основной заработной платы.

В свою очередь основная заработная плата одного исполнителя от предприятия рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}} \quad (5.8)$$

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

$T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, которые выполняются исполнителем, раб. дн.

Среднедневная заработная плата  $Z_{\text{дн}}$  определяется по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (5.9)$$

Где  $Z_{\text{м}}$  – месячный должностной оклад, руб.;

$M$  – количество месяцев работы исполнителя без отпуска за период года.  $M = 4$  месяца.

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Для расчета действительного фонда рабочего времени была заполнена таблица 5.6. Т.к. календарный план-график составлен на 4 месяца, то баланс рабочего времени будем рассчитывать исходя из этого.

Таблица 5.6 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	НР	С
Календарное число дней	120	120
Количество нерабочих дней: выходные дни;	34	34
праздничные дни	6	6
Потери рабочего времени	_____	_____
Действительный фонд рабочего времени	80	80

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (5.10)$$

Где  $Z_{\text{б}}$  – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, равный 30% от заработной платы по тарифной ставке;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок, принятый 20% от заработной платы по тарифной ставке;

$k_p$  – районный коэффициент (для г. Томска – 1,3).

Таблица 5.7 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$	$Z_{дн}$	$T_p$	$Z_{осн}$
НР	0,3	0,2	1,3	9170,10	458,5	8	3668
С	0,3	0,2	1,3	7170,10	358,5	77	27604,5
Итого							31272,5

Делая вывод, по полученным данным можно сказать, что заработная плата студента за выполненный объем работы будет в 9 раз превышать заработную плату научного руководителя.

**Вывод:** Таким образом, следует сделать вывод о том, что данная разработка ресурсосберегающая и бюджетно эффективная для внедрения на предприятие. После внедрения данной разработки на предприятии повысится продуктивность работы, сократится время, затрачиваемое на обработку результатов.

## **6 Социальная ответственность**

В данном разделе указаны такие вредные факторы, оказывающие негативное влияние на организм человека, как электромагнитное излучение, неоптимальный микроклимат помещения, недостаточность освещения и такой опасный фактор, как электрический ток. Так же указан характер вредного воздействия данных факторов на организм и последствия их длительного и чрезмерного воздействия.

Так же рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места и условий в которых будет реализовываться разработка, полученная в ходе написания магистерской диссертации, а именно, обработка данных, полученных на рабочем месте, в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны труда и окружающей среды.

Рабочим местом является медицинская лаборатория №63 медицинского приборостроения Томского Политехнического университета по адресу ул. Савиных 7, учебный корпус №18 ТПУ, рабочей зоной является стол с приборами.

В результате постоянной физической или моральной нагрузки, испытывая сильное напряжение, возникает хронический стресс. В свою очередь, стресс способен повлиять на жизнедеятельность организма, то есть, ухудшить работу органов дыхания, сердечно-сосудистой системы, пищеварения, желез внутренней секреции. Данная проблема часто рассматривается в рамках психофизиологии.

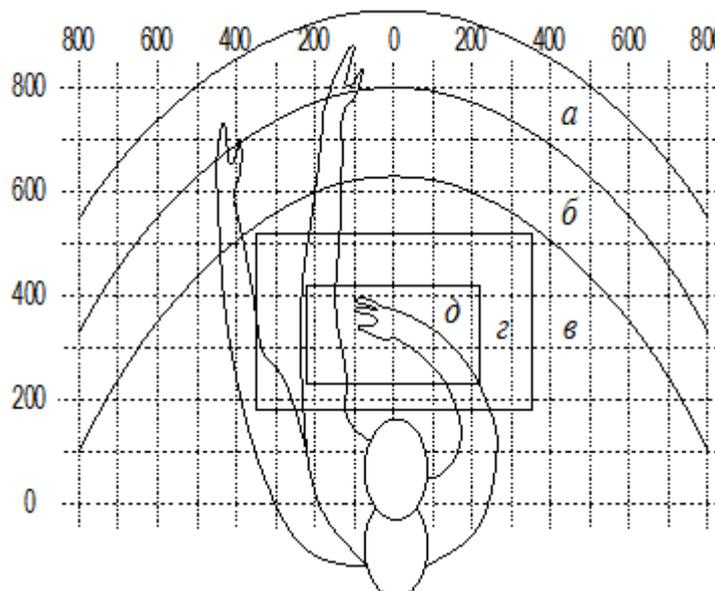
В лаборатории был разработан аппаратно-программный комплекс (АПК) высокого разрешения для регистрации микропотенциалов сердца в реальном времени без усреднения и фильтрации в диапазоне частот от 0 до 10000 Гц, уровень которых составляет 1 мкВ, единицы мкВ, десятки сотни микровольт. В данной работе с помощью АПК были измерены показатели студентов до и после сессии для оценки экзаменационного стресса.

Далее были указаны ЧС, которые могут произойти на рабочем месте и действия, которые необходимо выполнить в случае их возникновения.

## 6.1 Правовые и организационные работы обеспечения безопасности

### 6.1.1 Эргономические требования к рабочему месту

В процессе работы, все используемые предметы должны находиться в зоне досягаемости. Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости приведено на рисунке 4.1 [10]



а – зона максимальной досягаемости;

б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;

в – зона легкой досягаемости ладони;

г – оптимальное пространство для грубой ручной работы;

д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы

Рисунок 6.1 – Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости

### 6.1.2 Особенности законодательного регулирования проектных решений

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.

Предприятие обеспечивает рабочий персонал всеми необходимыми средствами индивидуальной защиты. Таким образом, по итогу проделанной работы можно сделать вывод о том, что рабочее место инженера-испытателя соответствует нормам, ГОСТам и СанПиН. По степени физической тяжести работа инженера-испытателя относится к категории лёгких работ.

## 6.2. Производственная безопасность

При работе с электрическими приборами возникают различные вредные факторы, которые негативно воздействуют на организм человека. Также, при работе с электрическими приборами возникают опасные факторы, их перечень представлен в таблице 6.1.

Таблица 6.1. – Опасные и вредные факторы при выполнении работ с электрическими приборами

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
Микроклимат производственных помещений	-	-	+	СП 2.2.4.548-96 [11]
Недостаток естественного освещения	-	-	+	СП 52.13330.2016 [3]
Недостаточная освещенность рабочей зоны	-	-	+	
Повышение уровня электромагнитных излучений	-	-	+	СанПин 2.2.4.3359-16. [4] ГОСТ 12.1.019-2017 [5]
Повышенная напряженность электромагнитного поля	-	-	+	ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ [6] ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ [7]

### **6.2.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении**

Микроклимат является важной характеристикой производственных помещений. В организме человека происходит непрерывное выделение тепла. Одновременно с процессами выделения тепла происходит непрерывная теплоотдача в окружающую среду. Равновесие между выделением тепла и теплоотдачей регулируется процессами терморегуляции, т.е. способностью организма поддерживать постоянство теплообмена с сохранением постоянной температуры тела. Отдача тепла происходит различными видами: излучением, конвекцией, испарением влаги.

Нарушение теплового баланса в условиях высокой температуры может привести к перегреву тела, и как следствие к тепловым ударам с потерей сознания. В условиях низкой температуры воздуха возможно переохлаждение организма, могут возникнуть простудные болезни, радикулит, бронхит и другие заболевания.

Показателями, которые характеризуют микроклимат рабочей зоны, являются:

- температура воздуха, °С;
- относительная влажность воздуха, %;
- скорость движения воздуха, м/с.

Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона (холодный, тёплый), а также от категории физической тяжести работы. Для инженера-метролога она является лёгкой (1а), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок.

Оптимальные показатели микроклимата рабочей зоны, согласно СанПиН 2.2.4.548 [2], представлены в таблице 6.2, допустимые – в таблице 6.3.

Таблица 6.2 – Оптимальные показатели микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Теплый	23-25	40-60	0,1
Холодный	22-24	40-60	0,1

Таблица 6.3 – Допустимые показатели микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
	Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин		Диапазон ниже оптимальных величин	Диапазон выше оптимальных величин
Теплый	21,0 ... 22,9	24,1 ... 25,0	15 ... 75	0,1	0,2
Холодный	20,0 ... 21,9	25,1 ... 28,0	15 ... 75	0,1	0,1

Мероприятия по доведению микроклиматических показателей до нормативных значений включаются в комплексные планы предприятий по охране труда. Это такие мероприятия, как:

- механизация и автоматизация производственных процессов, дистанционное управление ими;
- применение технологических процессов и оборудования, исключающих образование вредных веществ или попадания их в рабочую зону;
- установка систем вентиляции, кондиционирования, отопления.

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в помещении относятся правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления.

По степени физической тяжести работа инженера-испытателя относится к категории лёгких работ.

Таким образом, делаем вывод о том, что рабочее место инженера-испытателя соответствует нормам показателей микроклимата так, как есть соответствие температурным показателям в помещении в холодный период – 23,3 °С, и в теплый период – 24,6 °С. Относительная влажность воздуха составляет 58%, что соответствует диапазону.

#### **4.2.2 Недостаток естественного освещения**

Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь естественное освещение.

Без естественного освещения допускается проектировать помещения с временным пребыванием людей, помещения, которые определены соответствующими сводами правил и стандартами организаций на проектирование зданий и сооружений, а также помещения, размещение которых разрешено в подвальных этажах зданий и сооружений.

В учебных и учебно-производственных помещениях общеобразовательных организаций, интернатов, профессиональных образовательных организаций при одностороннем боковом освещении нормируемое значение коэффициента естественной освещенности (КЕО) должно быть обеспечено в расчетной точке, расположенной на пересечении вертикальной плоскости характерного разреза помещения и условной рабочей поверхности на расстоянии 1,2 м от стены, наиболее удаленной от световых проемов и иметь значение не более 0,5%.

Равномерность естественного освещения не нормируется для производственных помещений с боковым освещением.

В лаборатории имеется одно окно с одной стороны, чего достаточно для этого помещения. Так как в лаборатории имеется искусственное освещение и дополнительное освещение рабочего места.

#### **4.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны**

Производственное освещение является неотъемлемым элементом условий трудовой деятельности человека. При правильно организованном

освещении рабочего места обеспечивается сохранность зрения человека и нормальное состояние его нервной системы, а также безопасность в процессе производства. Производительность труда и качество выпускаемой продукции находятся в прямой зависимости от освещения.

При неудовлетворительном освещении ощущается усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Головные боли также могут быть вызваны пульсацией освещения, что в основном является результатом использования электромагнитных пускорегулирующих аппаратов (ПРА) для газоразрядных ламп, работающих на частоте 50 Гц.

Для характеристики естественного освещения используется коэффициент естественной освещенности (КЕО). Величины КЕО для различных помещений лежат в пределах 0,1-12%.

Освещённость на рабочем месте должна соответствовать характеру зрительной работы; равномерное распределение яркости на рабочей поверхности и отсутствие резких теней; величина освещения постоянна во времени (отсутствие пульсации светового потока); оптимальная направленность светового потока и оптимальный спектральный состав; все элементы осветительных установок должны быть долговечны, взрыво-, пожаро-, электробезопасны.

Работа с приборами относится к зрительным работам средней точности для помещений жилых и общественных зданий. Согласно СП 52.13330.2016 [3], такие помещения должны удовлетворять требованиям, указанным в таблице 6.4.

Таблица 6.4 - Требования к освещению помещений жилых и общественных зданий при зрительной работе средней точности

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение		Естественное освещение	
					Освещенность рабочей поверхности от системы общего освещения, ЛК	Коэффициент пульсации освещенности $K_{п}$ , %	КЕО $e_n$ , %, при	
							Верхнем или комбинированном	Боковом
Высокой точности	Более 0,5	В	1	Не менее 70	150	20	2,0	0,5
			2	Менее 70	100	20	2,0	0,5

На рабочем месте соблюдаются необходимые нормы освещенности согласно ГОСТ Р 55710-2013. «Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений». В административных зданиях, а в частности в помещениях для чтения, письма и обработки данных эксплуатационная освещенность должна составлять 500 ЛК, что соответствует показателям.

#### 4.2.4 Повышенный уровень электромагнитных излучений

В качестве источника электромагнитного излучения в данной работе рассматриваются средства измерения и электрические приборы.

Степень и характер воздействия ЭМП на организм человека зависят: от интенсивности излучения; частоты колебаний; поверхности тела облучаемого; индивидуальных особенностей организма; режима облучения (непрерывный или прерывистый) продолжительности воздействия; комбинированного действия других факторов производственной среды.

В диапазонах промышленной частоты, радиочастот, инфракрасного и частично ультрафиолетового света электромагнитные поля оказывают тепловое воздействие. Перегревание отдельных тканей и органов ведёт к их

заболеваниям, а повышение температуры тела на 1 °С и выше вообще не допустимо.

Влияние электромагнитных излучений заключается не только в их тепловом воздействии. Микропроцессы, протекающие в организме под действием излучений, заключаются в поляризации макромолекул тканей и ориентации их параллельно электрическим силовым линиям, что может приводить к изменению свойств молекул; особенно для человеческого организма важна поляризация молекул воды.

Длительное и систематическое воздействие на человека полей ВЧ и УВЧ вызывает:

- повышенную утомляемость;
- головную боль;
- сонливость;
- гипертонию;
- боли в области сердца.

Длительное и систематическое воздействие на человека полей СВЧ вызывает, кроме того:

- изменения в крови;
- катаракту (помутнение хрусталика глаза);
- нервно-психические заболевания [9].

Согласно СанПиН 2.2.4.3359-16 [4], предельно допустимые уровни энергетических экспозиций электромагнитного поля диапазона частот  $\geq 30$  кГц - 300 ГГц, не должны превышать значений, приведенных в таблице 6.5.

Таблица 6.5 - ПДУ энергетических экспозиций ЭМП диапазона частот  $\geq 30$  кГц - 300 ГГц

Диапазоны частот	Предельно допустимые уровни энергетической экспозиции		
	По электрической составляющей, (В/м) $2 \times \text{ч}$	По магнитной составляющей, (А/м) $2 \times \text{ч}$	По плотности потока энергии (мкВт/см <sup>2</sup> ) $\times \text{ч}$
30 кГц- 3 МГц	20000,0	200,0	-
от 3 до 30 МГц	7000,0	-	-
от 30 до 50 МГц	800,0	0,72	-
от 50 до 300 МГц	800,0	-	-
от 300 МГц до 300 ГГц	-	-	200,0

Для понижения уровня напряженности электромагнитного поля следует использовать мониторы с пониженным уровнем излучения, устанавливать защитные экраны, устранять неисправности. А для профилактики компьютерного зрительного синдрома, улучшения визуальных показателей видеомониторов, повышения работоспособности, снижения зрительного утомления возможно применение защитных очков со спектральными фильтрами, разрешенных Минздравом России для работы с персональным компьютером.

На рабочем месте инженера используются мониторы с пониженным уровнем излучения. Таким образом можно сделать вывод о том, что рабочее место соответствует нормам СанПиН 2.2.4.3359-16 [4].

#### **4.2.5 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека**

Измерительные приборы должны подключаться к сети питания имеющей защитное заземление.

Соединять и разъединять вилки, розетки электрических соединений допускается только при выключенном сетевом выключателе.

Основными причинами поражения человека электрическим током могут быть следующие:

- непосредственное прикосновение к токоведущим частям, оказавшимся под напряжением;
- соприкосновение с конструктивными частями, оказавшимися под напряжением.

Электрический ток, проходя через организм человека, оказывает тепловое (ожоги, нагрев сосудов), механическое (разрыв тканей, сосудов при судорожных сокращениях мышц), химическое (электролиз крови), биологическое (раздражение и возбуждение живой ткани) или комбинированное воздействие.

Основными средствами и способами защиты от поражения электрическим током являются:

- недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения;
- защитное заземление, зануление или отключение;
- вывешивание предупреждающих надписей;
- контроль за состоянием изоляции электрических установок;
- использование дополнительных средств защиты.

Требования электробезопасности электроустановок производственного и бытового назначения на стадиях проектирования, изготовления, монтажа, наладки, испытаний и эксплуатации, а также технические способы и средства защиты, обеспечивающие электробезопасность электроустановок различного назначения приведены в ГОСТ Р 12.1.019-2017 [5].

#### **4.3 Экологическая безопасность**

В настоящее время, когда встает проблема рационального использования природных ресурсов, охраны окружающей среды, уделяется большое внимание организации разумного воздействия на природу. Необходимо совершенствовать технологические процессы с целью сохранения окружающей среды от вредных выбросов.

В связи с тем, что основным средством работы являются средства измерения и электрические приборы, серьезной проблемой является электропотребление. Это влечет за собой общий рост объема потребляемой электроэнергии. Для удовлетворения потребности в электроэнергии, приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Соответственно, рост энергопотребления приводит к таким экологическим нарушениям, как глобальное потепление климата, загрязнение атмосферы и водного бассейна Земли вредными и ядовитыми веществами, опасность

аварий в ядерных реакторах, изменение ландшафта Земли. Целесообразным является разработка и внедрение систем с малым потреблением энергии.

В лаборатории не ведется никакого производства. К отходам, производимым в помещении можно отнести сточные воды и бытовой мусор.

Сточные воды здания относятся к бытовым сточным водам. За их очистку отвечает городской водоканал.

Основной вид мусора – это отходы печати, бытовой мусор (в т. ч. люминесцентные лампы), неисправное электрооборудование, коробки от техники, использованная бумага. Утилизация отходов печати вместе с бытовым мусором происходит в обычном порядке.

Утилизация средств измерений и электрических приборов согласно ФЗ от 24.06.1998 №89-ФЗ (ред. от 25.12.2018) «Об отходах производства и потребления» [12] и распоряжению Правительства РФ от 25.07.2017 №1589-р [13] осуществляется сотрудниками лаборатории и предусматривает следующие этапы:

1. Правильное заполнение акта списания с указанием факта невозможности дальнейшей эксплуатации перечисленной в акте измерительной техники, о чем имеется акт технического осмотра;

2. Осуществление списания перечисленной в акте измерительной техники с баланса предприятия с указанием в бухгалтерском отчете, так как утилизация возможна для осуществления только после окончательного списания;

3. Непосредственно утилизация измерительной техники с полным демонтажем устройств на составляющие детали с последующей сортировкой по видам материалов и их дальнейшей передачей на перерабатывающие заводы.

#### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайными ситуациями в подобных помещениях могут быть пожары. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004-91 [6] и ГОСТ 12.1.010-76 [7].

Все производства по пожарной опасности подразделяются на 5 категорий: А, Б, В, Г, Д. Лаборатория, в которой будет выполняться работа, относится к категории В.

Причинами пожара могут быть:

- токи короткого замыкания;
- электрические перегрузки;
- выделение тепла, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов;
- курение в неположенных местах.

Тушение горящего электрооборудования под напряжением должно осуществляться имеющимися огнетушителями ОУ-5. Чтобы предотвратить пожар в лаборатории, необходимо:

- содержать помещение в чистоте, убирать своевременно мусор.

По окончании работы проводится влажная уборка всех помещений;

- работа должна проводиться только при исправном электрооборудовании;
- на видном месте должен быть вывешен план эвакуации из помещения с указанием оборудования, которое нужно эвакуировать в первую очередь;
- уходящий из помещения последним должен проверить выключены ли нагревательные приборы, электроприборы и т.д и отключение силовой и осветительной электрической сети.

Также необходимо соблюдение организационных мероприятий:

- правильная эксплуатация приборов, установок;
- правильное содержание помещения;
- противопожарный инструктаж сотрудников аудитории;
- издание приказов по вопросам усиления ПБ;
- организация добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий;

– наличие наглядных пособий и т.п.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо эвакуироваться вслед за сотрудниками по плану эвакуации и ждать приезда специалистов, пожарников. При возникновении пожара должна сработать система пожаротушения, издав предупредительные сигналы, и передав на пункт пожарной станции сигнал о ЧС, в случае если система не сработала, по каким-либо причинам, необходимо самостоятельно произвести вызов пожарной службы по телефону 101, сообщить место возникновения ЧС и ожидать приезда специалистов.

### **Выводы по разделу «Социальная ответственность»**

Таким образом можно сделать вывод по всему разделу «Социальная ответственность», что на рабочем месте показатели микроклимата, освещенности и электромагнитных излучений находятся в норме, что говорит о безопасности для человека. Анализ выявленных опасных факторов рабочего помещения показал, что электробезопасность, пожаробезопасность и экологическая безопасность находятся под контролем, и все необходимые меры для обеспечения безопасности принимаются.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Picard, R.W. Toward machine emotional intelligence: analysis of affective physiological state / R.W. Picard, E. Vyzas, J. Healey // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. - 2001. - № 23. - С. 1175-1191.
2. Surprising Statistics about Stress around the World [Электронный ресурс]. –Режим доступа: <http://magazine.thebusylifestyle.com/2017/09/15/stress-statistics-worldwide/#> (дата обращения: 10.03.2018).
3. Depression [Электронный ресурс]. – режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs369/en/> (дата обращения: 10.03.2018).
4. Kim, J. Emotion recognition based on physiological changes in music listening / J. Kim, E. André // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. - 2008. - № 12. - С. 2067-2083.
5. Фазы стресса и его влияние на организм человека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://med-pomosh.com/?p=3404> (дата обращения: 15.02.2018).
6. Классификация стресса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://amazingwoman.ru/psihologiya/stress/klassifikaciya-stressa/> (дата обращения: 15.02.2018).
7. Rosch, P.J. Reminiscences of Hans Selye, and the Birth of “Stress” / P.J. Rosch // International Journal of Emergency Mental Health. - 1999. - № 1. - С. 59-66.
8. Китаев-Смык, Л.А. Организм и стресс: стресс жизни и стресс смерти / Л.А. Китаев-Смык. - М.: НПФ «Смысл», 2013. - 570 с.
9. Schneiderman, N. STRESS AND HEALTH: Psychological, Behavioral, and Biological Determinants. / N. Schneiderman, G. Ironson, S.D. Siegel // Annual Review of Clinical Psychology. - 2005. - № 1. - С. 607-628.

10. Valenza, G. Point-process nonlinear autonomic assessment of depressive states in bipolar patients / G. Valenza, L. Citi, C. Gentili, A. Lanata, E.P. Scilingo, R Barbieri // *Methods of Information in Medicine*. - 2014. - № 4. - С. 296-302.

11. Kallivayalil, R.A. Understanding and managing somatoform disorders: Making sense of non-sense / R.A. Kallivayalil, V.P. Punnoose // *Indian J Psychiatry*. - 2010. - № 52. - С. 240-245.

12. Давыдов, А.Г. Классификация эмоционального состояния диктора по голосу: проблемы и решения / А.Г Давыдов, Д.С. Кочетков, В.В. Киселев // *Труды международной конференции «Диалог 2011»*. - М.: РГТУ, 2011. - С. 178-185.

13. Bradley, M.M. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential / M.M. Bradley, P.J. Lang // *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry*. - 1994. - №25. - С. 49-59.

14. Система контроля психоэмоционального состояния человека [Электронный ресурс] 3D система виброизображения. – Режим доступа: <http://www.elsys.ru/vibraimage.php> (дата обращения: 15.03.2018).

15. Минкин, В.А. ВиброИзображение / В.А. Минкин. - СПб.: РЕНОМЕ, 2007. - 61 с.

16. Заявка на изобретение № 97119888 РФ, МПК А61В5/05. Способ экспресс-диагностики / Н.К. Игнатьев; Заявитель и патентообладатель Н.К. Игнатьев. - № 97119888; заявл. 09.12.1997; опубл. заявки 27.08.1999.

17. Хроматиди, А.Ф. Исследование психофизиологического состояния человека на основе эмоциональных признаков речи: дис. ...канд. тех. наук: 05.11.17, 05.13.01 / Хроматиди Александра Феодосиевна. – Таганрог, 2005. – 154 с.

18. Большой энциклопедический словарь. - 2-е изд. - М.: Большая Российская энциклопедия, 2002. - 1456 с.

19. Южаков, М.М. Разработка и исследование методов и технических средств нановольтового и микровольтового уровня для

электрофизиологических исследований: дис. ... канд. тех. наук: 05.11.17 / Южаков Михаил Михайлович. – Томск, 2012. – 135 с.

20. History and term ECG (Electrocardiogram) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mednovis.de/en/products/mobile-ecg-unit/> (дата обращения: 15.03.2018).

21. Goldstein, D. Stress, Catecholamines, and Cardiovascular disease / D. Goldstein. - M. New York: Oxford University Press, 1995.

22. Leor, J. Sudden cardiac death triggered by an earthquake / J. Leor, W.K. Poole, R.A. Kloner // The New England Journal of Medicine. - 1996. - № 7. - С. 413-419.

23. Kop, W.J. Effects of acute mental stress and exercise on T-wave alternans in patients with implantable cardioverter defibrillators and controls / W.J. Kop, D.S. Krantz, B.D. Nearing et al. // US National Library of Medicine. - 2004. - № 15. - С. 1864-1869.

24. Electrophysiology TF of the ES of C the NAS of P. Heart Rate Variability // Circulation. - 1996. - №5. - С. 1043-1065.

25. Kashdan, T.B. Psychological flexibility as a fundamental aspect of health / T.B. Kashdan, J. Rottenberg // Clinical Psychology Review. - 2010. - № 30. - С. 865-878.

26. Toivonen, L. Electrocardiographic repolarization during stress from awakening on alarm call / L. Toivonen, K. Helenius, M. Viitasalo // Journal of the American College of Cardiology. - 1997. - № 3. - С. 774-779.

27. Jurak, P. Ventricular dyssynchrony assessment using ultra-high frequency ECG technique / P. Jurak, J. Halamek, J. Meluzin et al. // Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology. - 2017. - № 3. - С. 245–254.

28. Collinger, J.L. 7 degree-of-freedom neuroprosthetic control by an individual with tetraplegia / J.L. Collinger, B. Wodlinger, J.E. Downey et al. // The Lancet. - 2013. - № 9866. - С. 575-590.

29. Collinger, J.L. 7 degree-of-freedom neuroprosthetic control by an individual with tetraplegia / J.L. Collinger, B. Wodlinger, J.E. Downey et al. // *The Lancet*. - 2013. - № 9866. - С. 575-590.
30. Bazanova, O.M. Interpreting EEG alpha activity / O.M. Bazanova, D. Vernon // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. - 2014. - №44. - С. 94-110.
31. Benedek, M. Alpha power increases in right parietal cortex reflects focused internal attention / M. Benedek, R.J. Schickel, E. Jauk et al. // *Neuropsychologia*. - 2014. - №56. - С. 393-400.
32. Hayashi, T. Beta Activities in EEG Associated with Emotional Stress / T. Hayashi, E. Okamoto, H. Nishimura et al // *IC-Med Journal*. - 2013. - № 1. - С. 57-68.
33. Abhang, P.A. Technical Aspects of Brain Rhythms and Speech Parameters / P.A. Abhang, B.W. Gawali, S.C. Mehrotra // *Introduction to EEG- and Speech-Based Emotion Recognition*. - 2016. - С. 51-79.
34. Knyazev, G.G. Motivation, emotion, and their inhibitory control mirrored in brain oscillations / G.G. Knyazev // *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*. - 2007. - № 31. - С. 377-395.
35. Кулаичев, А.П. Об информативности когерентного анализа в исследованиях ЭЭГ / А.П. Кулаичев // *Журнал высшей нервной деятельности*. - 2009. - №59. - С. 766-775.
36. Фокин, В.Ф. Руководство по функциональной межполушарной асимметрии / В.Ф. Фокин, И.Н. Боголепова, Б. Гутник и др. - М.: Научный мир, 2009. - 836 с.
37. Никандров, В.В. Экспериментальная психология / В.В. Никандров. - «Речь» изд. - М. Спб: 2003. - 480 с.
38. Boucsein, W. Publication recommendations for electrodermal measurements / W. Boucsein, D.C. Fowles, S. Grimnes et al. // *Psychophysiology*. - 2012. - № 8. - С. 1017–1034.
39. Назаров, А.И. О чём ещё могут рассказать электро-кожные потенциалы? / А.И. Назаров // *Психологический журнал Международного*

университета природы, общества и человека «Дубна». - 2014. - №4. - С. 109-122.

40. Boucsein, W. *Electrodermal Activity* / W. Boucsein. - 2-е изд. - New York: Springer, 2012. – 618 с.

41. Cuthbert, B.N. *Probing picture perception: Activation and emotion* / B.N. Cuthbert, M.M. Bradley, P.J. Lang // *Psychophysiology*. - 1996. - № 3. - С. 103-111.

42. Китаев-Смык, Л.А. *Организм и стресс: стресс жизни и стресс смерти* / Л.А. Китаев-Смык. - М.: НПФ «Смысл», 2013. - 570 с.

43. Турушев, Н.В. *Электрокардиограф для неинвазивной регистрации спонтанной активности клеток миокарда с целью раннего обнаружения признаков внезапной сердечной смерти: дис. ...канд. техн. наук: 05.11.17* / Турушев Никита Владимирович. – Томск, 2016. – 303 с.

44. Афифи, А. *Статистический анализ: Подход с использованием ЭВМ* / А. Афифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982. – 488 с.

45. Урбах, В.Ю. *Статистический анализ в биологических и медицинских исследованиях* / В.Ю. Урбах. – М.: Медицина, 1975. – 294 с.

46. Патент № 20824 РФ, МПК А61В5/00. *Устройство контроля и коррекции работоспособности специалистов* / Е.К. Айдаркин, Г.С. Гутянский, В.М. Львов, Н.В. Пахомов; Заявитель и патентообладатель: Айдаркин Евгений Константинович и Гутянский Геннадий Степанович. - № 2001115255/20; заявл. 05.06.2001; опубл. 10.12.2001, Бюл. №34. Варламов, В.А. *Детектор лжи. 2-е издание* / В.А. Варламов. – М.: ПЕР СЭ-Пресс, 2004. – 352 с.

## Приложение А

(обязательное)

### The methods to register electrophysiological indicators of the human

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ71	Зуева Дарья Юрьевна		

Консультант проф. кафедры:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Наталинова Наталья Михайловна	к.т.н.		

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИЯ	Диденко Анастасия Владимировна	к.ф.н.		

The **psycho-emotional** state is a form of mental state that is controlled by various human emotions. Emotional manifestations that occur when reacting to reality are necessary for a person, as they are responsible for the regulation of their well-being and functional state. Lack of emotions leads to a decrease in the activity of the central nervous system and may cause a decrease in performance. Excessive influence of emotive factors can cause a state of neuropsychic tension and breakdown of higher nervous activity.

In the central nervous system of a person, there are neurons, which in their endings conduct nerve impulses throughout the body. The brain gives it all an estimate and controls the body. Brain cells include neurons (cells that generate and transmit nerve impulses) and glial cells that perform important additional functions. Neurons are divided into excitatory, which activate the discharges of other neurons and inhibitory, which contribute to the excitation of other neurons.

The functions of the nervous system are complex and diverse, which is described by the interaction between neurons. This interaction can be represented by a set of different signals that are transmitted as part of the interaction of neurons with other neurons. The ions generate an electrical charge that moves along the neuron, thereby generating and spreading the signal.

When stress occurs, the impulses can be so strong that under their influence abnormal changes occur in the neurons and synapses of the hippocampus. Dendritic spines, which form synoptic connections between neurons, die off, resulting in holes in neural networks. This prevents the transmission of impulses in neurons. As a result, the surviving neural networks resemble Moscow traffic jams during rush hour — not all the necessary impulses simply can make their way through them, because of which some of the information is lost. Regular outbursts of negative emotions weaken a person's memory. The fact is that the normal operation of the hippocampus is a necessary condition for the assimilation and memorization of information. Moreover, even a few short-term experiences can damage neurons and synapses so badly that recovery can take several weeks or months.

Modern technologies allow registering this electric charge, which in turn is an electrophysiological indicator of a person. Currently, there are many methods to register electrophysiological indicators in various parts of the human body.

These methods vary with the degree of invasiveness required. Therefore, they can change due to differences in signal accuracy and the type of functions that can be reliably extracted from signals. Some methods are more suitable for monitoring in daily life, while other methods are inconvenient or sensitive. Such methods should be limited to use under controlled conditions.

In engineering-psychological and biomedical research, electrophysiological indicators of a person are widely used, especially when assessing their level of emotional state. The main methods of registration of human electrophysiological indicators are electrographic methods, such as:

- *electrocardiography (ECG)* - is a method of studying the activity of the heart, based on recording and analyzing the electrical activity of the myocardium, which spreads throughout the heart during the cardiac cycle.

- *electromyography (EMG)* – is a method for diagnosing the state of the neuromuscular system. This method is designed to record electrical processes in the muscles and recording the action potentials of the muscle fibers that cause it to contract.

- *electroencephalography (EEG)* - is the registration of the bioelectrical activity of the brain, abstracted from both the scalp and the deep structures of the brain.

- *electrooculography (EOG)* - is a method for recording eye movement, retinal potential and eye muscles.

- *galvanic skin response (GSR)* – is a bioelectric reaction recorded from the skin surface.

These methods is designed to record such parameters as muscle arousal, rapid heartbeat, blood outflow from the human skin surface, brain activity. All these parameters may indicate a change in the emotional state of a person.

The **ECG method** makes it possible to identify the dependence of the work of a person's heart on the degree of his susceptibility to stress at a given moment, for example, if a person is excited, their heart rate goes up. Electrodes installed on the body according to a special scheme, which form three main leads, pick up potential differences on the surface of the human body, which arise because of the heart. The ECG reflects averaging all vectors of action potentials that occur at a certain point in the work of the heart. An electrocardiogram is a collection of electrical potentials generated by the heart and captured from the surface of the chest or arms. The inflection points of the temporary voltage signal indicate different polarizations of the heart.

Cardiac activity is widely studied by the medical community. The heart is the main muscle, and its activity can be easily measured by monitoring electrical changes on the surface of the skin or by measuring pulse signals in various places on the body. During research on human emotions, heart rate and heart rate variability are used to measure total physical activity, and heart rate changes are used for panic and anger.

The electrodermal activity (EDA), or the **galvanic skin response (GSR)**, measured from the surface of the palm, is widely used as an indicator of a person's emotional states. The magnitude of the KGR can determine the level of the emotional stress of a person (and the type of mathematical connection between the force of emotion and the amplitude of the GSR). At the same time, it is almost impossible to establish a qualitative characteristic of the emotion experienced through GSR. In other words, it is impossible to determine what kind of emotion a person experiences. GSR cannot serve as an indicator of unambiguous determination of the specificity of emotions but is an indicator of non-specific activation.

Skin conductivity is used to indirectly measure the amount of human sweat since the skin is usually an insulator and its conductivity changes in response to ionic sweat filling the sweat glands. The activity of the sweat glands is an indicator of the activation of the sympathetic nervous system. GSR is a reliable non-invasive

way to measure this activity. For the first time, GSR was used by Karl Jung to identify negative complexes in tests of verbal associations, which is a key component of lie detector tests. Tests that actually measure the emotional stress were associated with a lie, and not with the wrong facts. In laboratory studies, it was found that sensitivity to skin conductivity varied linearly with the emotional aspect of arousal, and skin conductivity measurements were used to distinguish between states such as anger and fear, as well as between conflict states and conflicts.

Skin conductivity can be measured anywhere in the body, but the most reactive sweat glands are concentrated on the palms of the hands and on the soles of the feet. In laboratory studies, the most frequent placement of electrodes is located on the lower segment of the middle and index fingers of the dominant hand. For the study, a special gel is usually used, which is applied between the skin and the electrodes to ensure good contact and better signal quality. To measure the conductivity, a small current is applied to the skin and the change in voltage is measured. The constant measurement of the voltage change on the electrodes provides a measure of the continuously changing conductivity of the skin.

Many ambulatory skin conductors measure conductivity on the wrist, arm, or leg of a person. Some research systems also include measuring skin conductivity through clothing or jewelry.

**EEG** allows for the examination about the state, brain activity and is indispensable for monitoring the state of the central nervous system. When analyzing the EEG, the main characteristics of the brain are the frequency, amplitude, waveform, its topography, etc. All these characteristics form rhythms, each of which corresponds to a certain specific state of the brain.

The human brain is the central organ of the nervous system that coordinates and regulates the vital functions of the body and controls its behavior. All our feelings, sensations, thoughts, movements and desires are directly related to the work of the brain. If the brain ceases to function, then the person goes into a vegetative state, losing the ability for any sensations, reactions to external

influences. The central nervous system (CNS) consists of the brain and spinal cord. The central nervous system is associated with various parts of the body by peripheral nerves - sensory and motor.

The brain is divided into three main parts: the cerebellum, brainstem, and forebrain. The cerebral hemispheres, the thalamus, the pituitary (the most important neuroendocrine gland) and the hypothalamus are secreted in the forebrain. The brain stem consists of a bridge (pons), the medulla oblongata, and the midbrain, and the large hemispheres, which make up 70% of its weight, occupy the largest part of the brain. Normally, the hemispheres are symmetrical and interconnected by a corpus callosum (massive axon bundle), which provides the exchange of information.

For the first time, signals of the electrical activity of the human brain were recorded in 1929 by the Austrian psychiatrist Hans Berger with the help of needle-shaped scalp electrodes. Since then, scientists have been constantly conducting intensive studies of electroencephalographic signals. The basis of the formation of the electrical activity of the brain is the ability of neurons to respond to external influences, which is accompanied by electrical phenomena. First, we consider the modern concepts of electrophysiological processes in neurons.

In modern neurophysiology, an electroencephalogram (EEG) is considered the result of the non-linear addition of the electrical potentials of a multitude of neurons that function relatively independently of each other. The rhythmic activity that appears in some states is caused by the synchronization of the work of large neural groups. Synchronization at the neuronal level is manifested in the form of simultaneous, coherent reactions to external impulses. Thus, the total electroencephalogram reflects the functional activity of the entire brain.

The study of EEG is an extensive topic and is widely studied in the field of neuroscience. Asymmetries in the prefrontal cortex (PFC) reflect how various emotions are handled, such as anger and how PFC can act as a moderator or mediator between the physiological response and cognitive processing. From the point of view of physiological signal processing, most researchers tend to study

EEG, because it is one of the non-invasive and accessible tools for obtaining signals of brain activity. Even if other metrics, such as functional magnetic resonance imaging (fMRI), are much more accurate, a full electroencephalogram includes more than 128 electrodes. However, in the practice of biofeedback, simpler metrics are used in which two or four channels are used.

EEG is indispensable for monitoring the state of the central nervous system and allows learning about the state and activity of the brain. When analyzing the EEG, the main characteristics of the brain are the frequency, amplitude, waveform, its topography, etc. All these characteristics form rhythms, each of which corresponds to a certain specific state of the brain. For example, the beta rhythm is closely related to emotional and mental stress. When registering an EEG, the location of the electrodes is important, while electrical activity, simultaneously recorded from different points of the head, can vary greatly. There are special electrodes for electroencephalogram removal - EEG electrodes.

In this paper, medical nanosensors for electroencephalography will be used to retrieve information. These nanosensors are developed in the School of Non-Destructive Testing of TPU, in the laboratory for medical engineering №63. Unlike other known electrodes, these sensors have a higher stability of the electrode potential, low contact and polarization potentials, lower noise voltage and resistance.

Electroencephalography uses an international system called "10-20". The points at which the electrodes are located in the "10-20" system are set, as shown in Figure 1. The distance from nasion to inion is measured along the sagittal line and is taken as 100%. At 10% of this distance from the nasion and inion, the occipital electrode (O), the sagittal (Fp) and the lower frontal electrodes are installed, respectively.

The location of the second main lines is between the two auditory passages through the vertex (top of a head). The electrodes on the line (C3, Cz, C4) are located at equal distances, the lower temporal electrodes (T3, T4) are located respectively at 10% of this distance above the ear canals. Electrodes, denoted by

A1 and A2, respectively, are placed on the earlobes. Even numeric indices correspond to electrodes above the right hemisphere of the brain, and odd ones over the left.

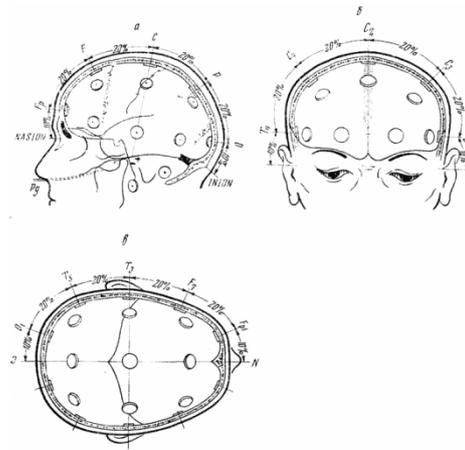


Figure 1 - "10-20%" international system

Electrodes are connected to the points whose biopotentials are used for electroencephalogram removal. These electrodes are applied to the surface of tissues that cover the brain (bone, skin, muscles, etc.), either directly to the surface of the brain, or injected into its deep sections. In accordance with the lead system of 10-20%, electrodes are attached to the head for removal of information.

Disc, wire, ring-shaped electrodes are used to lead signals from the surface of tissues. In places where electrodes are applied, the hair is pushed apart and the skin is defatted with a mixture of alcohol and ether. Then the skin is moistened with a solution of soda and covered with a special electrically conductive paste. Electrodes are mounted on the subject's head with the help of special helmets-grids (figure 2). The helmet data is made of elastic rubber straps, the tension of which is adjustable. This ensures good contact of the electrodes with the patient's head.

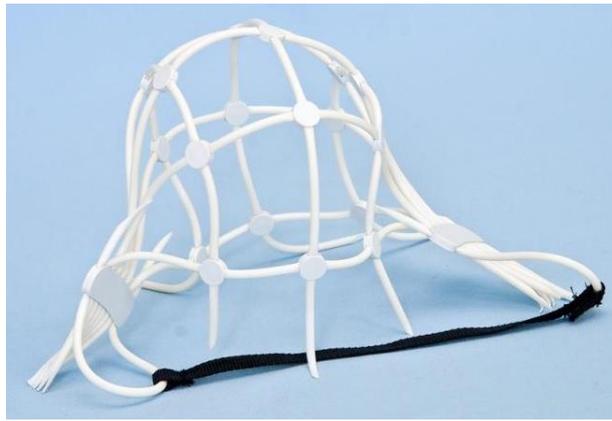


Figure 2 - EEG helmet

Previously, EEG was less preferred as a measure for detecting emotions, because the full EEG was difficult to apply and interpret. Reduced electrode sets were considered unreliable sources for data acquisition. The EEG also responds to changes in light and sound, and it is sensitive to both movement and muscular activity, therefore it is difficult to interpret outside of controlled laboratory conditions.