

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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
Отделение школы (НОЦ) Отделение контроля и диагностик

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Разработка электроэнцефалографа на наносенсорах для исследования мозга человека в расширенном диапазоне частот

УДК 616.831-005.4-073.97-71:681.586

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6Б	Кузьмин Алексей Сергеевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий НПЛ медицинской инженерии	Авдеева Диана Константиновна	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Данков Артем Георгиевич	К.И.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Анищенко Юлия Владимировна	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Приборостроение	Вавилова Галина Васильева	К.Т.Н.		

Томск – 2018 г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Р1	Применять навыки эффективной индивидуальной и командной работы, включая руководство командой, работу по междисциплинарной тематике с учетом этики и корпоративных интересов, в том числе и на иностранном языке.	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК- 1, ОПК-3, ПК-12, ПК-16, ПК-17, ПК-18, ПК-22),), СУОС ТПУ (УК-1, УК-3, УК-4, УК-5, УК-6), CDIO Syllabus (2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 3.1, 3.2, 3.3, 4.1), Критерий 5 АИОР (п. 2.2, п. 2.3, п. 2.4, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 19.026 Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса, 19.032 Специалист по диагностике газотранспортного оборудования, 40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами)
Р2	Применять навыки управления разработкой и производством продукции на всех этапах ее жизненного цикла с учетом инновационных рисков коммерциализации проектов, в том числе в нестандартных ситуациях.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-2, ОК-3, ОПК-1, ПК-6, ПК -8, ПК-16, ПК-18, ПК-19, ПК-20), СУОС ТПУ (УК-2, УК-6), CDIO Syllabus (2.1, 2.4, 2.5, 3.2, 4.1, 4.2, 4.3, 4.6, 4.7, 4.8), Критерий 5 АИОР (п. 2.1, п. 2.3, п. 2.5, п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 29.006 Специалист по проектированию систем в корпусе, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)
Р3	Собирать, хранить, обрабатывать, использовать, представлять и защищать информацию при соблюдении требований	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-4, ПК-17, ПК-19), СУОС ТПУ (УК-5, УК-6), CDIO Syllabus (1.1, 2.2), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 1.6), согласованный с требованиями международных

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
	информационной безопасности и корпоративной культуры.	стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 19.026 Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса)
Р4	Применять навыки планирования, подготовки, проведения теоретических и экспериментальных исследований, а также представления и интерпретации полученных результатов.	Требования ФГОС (ОПК-1, ОПК-2, ПК-1, ПК-2, ПК-15, ПК-17), СУОС ТПУ (УК-1), Критерий 5 АИОР (п. 1.1, п. 1.2, п. 1.4), CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 4.3), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 40.008 Специалист по организации и управлению научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами)
Р5	Разрабатывать нормативную, техническую и методическую документацию в области неразрушающего контроля и измерительной техники.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-9, ПК-11, ПК-17), CDIO Syllabus (1.2, 4.4), Критерий 5 АИОР (п. 1.3, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108 Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник)
Р6	Быть готовым к комплексной профессиональной деятельности при разработке инновационных и эффективных методов и средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-6, ПК-8, ПК-10, ПК-11, ПК-13, ПК-14, ПК-18, ПК-20, ПК-21, ПК-22), СУОС ТПУ (УК-1), CDIO Syllabus (1.2, 1.3, 2.3, 4.1, 4.4, 4.5), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.3, п. 1.4, п. 1.5, п. 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (40.158 Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики, 40.108

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
		Специалист по неразрушающему контролю, 06.005 Инженер-радиоэлектроник, 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции, 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам)
P7	Разрабатывать и внедрять энерго- и ресурсоэффективные технологические процессы производства приборных систем с использованием высокотехнологичных средств измерения и контроля.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-8, ПК-10. ПК- 11, ПК-12, ПК-14, ПК-21), СДИО Syllabus (1.3, 4.1, 4.2, 4.5. 4.6), Критерий 5 АИОР (п. 1.2, п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI, требования профессиональных стандартов (19.026 Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса, 19.032 Специалист по диагностике газотранспортного оборудования)

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

Школа ИШНКБ
Направление подготовки (специальность) 12.04.01 Приборостроение
Уровень образования Магистратура
Отделение школы (НОЦ) ОКД
Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 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:	4.06.2018
--	-----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
24.05.17	Обзор литературы	15
15.11.17	Методика проведения исследований	5
30.04.18	Экспериментальная часть	20
20.05.18	Обсуждение результатов	5
31.05.18	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
31.05.18	Социальная ответственность	20
31.05.18	Заключение	5
1.06.18	Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий НПЛ медицинской инженерии	Авдеева Диана Константиновна	д.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Приборостроение	Вавилова Галина Васильева	к.т.н.		

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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 12.04.01 Приборостроение
Отделение школы (НОЦ) Отделение контроля и диагностик

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(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
1БМ6Б	Кузьмину Алексею Сергеевичу

Тема работы:

Разработка электроэнцефалографа на наносенсорах для исследования мозга человека в расширенном диапазоне частот	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	10235/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	4.06.2018
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования – Электроэнцефалограф на для исследования мозга человека
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Анализ современных методов и приборов регистрации электрофизиологических параметров, связанных с исследованием мозга человека2. Разработка электроэнцефалографа на наносенсорах для исследования мозга человека в частотном диапазоне от 0 до 10000 Гц3. Проведение исследований для оценки психоэмоционального состояния добровольцев

	<p>4. Исследование для подтверждения возможности использования разработанного электроэнцефалографа в качестве электронейромиографа</p> <p>4. Обработка полученных результатов исследования</p> <p>5. Анализ полученных данных.</p>
Перечень графического материала	Презентация магистерской диссертации в программе Microsoft Office Power Point

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Данков А.Г.
Социальная ответственность	Анищенко Ю.В.

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

1. Обзор литературы

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий НПЛ медицинской инженерии	Авдеева Диана Константиновна	д.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6Б	Кузьмин Алексей Сергеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6Б	Кузьмину Алексею Сергеевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, нормативно-правовых документах
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	Оценка потенциальных потребителей исследования, SWOT-анализ.
2. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета.
3. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	Построение организационной структуры проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. <i>Перечень этапов, работ и распределение исполнителей</i>
2. <i>Временные показатели проведения научного исследования</i>
3. <i>График проведения НИ</i>
4. <i>Материальные затраты</i>
5. <i>Расчет основной заработной платы</i>
6. <i>Отчисления во внебюджетные фонды</i>
7. <i>Бюджет НТИ</i>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Данков Артём Георгиевич	К.И.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6Б	Кузьмин Алексей Сергеевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ6Б	Кузьмину Алексею Сергеевичу

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Электроэнцефалограф для исследования мозга человека на наносенсорах.
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность	Анализ выявленных вредных факторов: 1. Отклонение показателей микроклимата 2. Недостаточная освещенность на рабочем месте 3. Повышенный уровень электромагнитных излучений Анализ выявленных опасных факторов: 1. Поражение электрическим током
2. Экологическая безопасность	Охрана окружающей среды: 1. Анализ воздействия объекта на окружающую среду
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Защита в чрезвычайных ситуациях: 1. Пожар (наиболее типичная ЧС)
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: 1. Специальные правовые нормы трудового законодательства; 2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ6Б	Кузьмин Алексей Сергеевич		

УДК 616.831-005.4-073.97-71:681.586

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 108с., 21 рисунков, 48 использованных источников, 2 приложения.

Ключевые слова: Электроэнцефалография, электроэнцефалограф, диапазон частот, наносенсоры, ритмы головного мозга (альфа, бета, тета, дельта, гамма), психоэмоциональное состояние человека.

Объектом исследования является электроэнцефалограф на наносенсорах для регистрация биопотенциалов мозга человека в частотном диапазоне от 0 Гц до 10000 Гц. Для исследования мозга человека и регистрации сигнала в расширенном диапазоне частот был разработан электроэнцефалографический комплекс на наносенсорах.

В качестве отличия от аналогичных приборов, разработанное средство измерения не использует фильтрацию сигналов. За счет этого получаемая информация не искажается и представляется «как есть». При проектировке электроэнцефа из структурной схемы были исключены фильтрующие сигналы цепи благодаря использованию наносенсоров. Данные сенсоры разработаны в НПЛ «Медицинской инженерии» ИШНКБ НИ ТПУ. Разработанный прибор был опробован и были проведены исследования по оценки психоэмоционального состояния человека. Эксперименты показывают, что влияние на психоэмоциональное состояние человека влечет за собой изменение сигнала ЭЭГ. Разработанный электроэнцефалографический комплекс можно применять в качестве электроэнцефалографа, как в медицинских целях, так для получения информации для исследования психоэмоционального состояния человека..

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office Word 2010.

Определения

Электроэнцефалограф — медицинский электроизмерительный прибор для электроэнцефалографии, с помощью которого измеряют и регистрируют разность потенциалов между точками головного мозга, располагающимися в глубине или на его поверхности, и записывают электроэнцефалограмму[1].

Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) — графическое изображение сложного колебательного электрического процесса, который регистрируется при помощи электроэнцефалографа при размещении его электродов на мозге или поверхности скальпа, результат электрической суммации и фильтрации элементарных процессов в нейронах.

Электроэнцефалография (ЭЭГ) — Электроэнцефалография (ЭЭГ) – метод регистрации биоэлектрической активности головного мозга, отводимой как со скальпа, так и из глубоких структур мозга;

Ритмы головного мозга — диагностируемые электрические колебания мозга — центрального отдела нервной системы человека, обычно расположенного в головном (переднем) отделе тела и представляющего собой компактное скопление нервных клеток и их отростков.

Сенсор - прибор для наблюдения за объектом, процессом или средой, преобразующий физико-химические свойства в сигнал.

Наносенсор – сенсор для регистрации сигнала на базе пористой керамики, созданный с применением современных нанотехнологий и наноматериалов.

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1 ГОСТ Р 1.5 – 2012 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты национальные Российской Федерации. Правила построения, изложения, оформления и обозначения.

2 ГОСТ 2.104 – 2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи.

3 ГОСТ 2.105 – 95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

4 ГОСТ 2.106 – 96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы.

5 ГОСТ 3.1102 – 2011 Единая система технологической документации. Стадии разработки и виды документов.

6 ГОСТ 3.1105 – 2011 Единая система технологической документации. Формы и правила оформления документов общего назначения.

7 ГОСТ 7.0.5 – 2008 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая ссылка.

8 ГОСТ 7.1 – 2003 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание.

9 ГОСТ 7.9 – 95 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация.

10 ГОСТ Р МЭК 60601-1-2-2014 Изделия медицинские электрические. Часть 1-2. Общие требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик. Параллельный стандарт. Электромагнитная совместимость. Требования и испытания

11 ГОСТ 30324.0-95 (МЭК 601-1-88) Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности (аутентичен ГОСТ Р 50267.0-92 (МЭК 601-1-88))

Обозначения и сокращения

АПК – аппаратно-программный комплекс;

ЭЭГ – электроэнцефалография;

ЭКГ – электрокардиография;

КГР – кожно-гальваническая реакция;

ЦНС – центральная нервная система;

АНС – автономная нервная система;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

Оглавление

Техническое задание.....	16
Введение.....	19
1. Литературный обзор.....	21
1.1. Объект исследования.....	21
1.2. Взаимоотношение психоэмоционального состояния с организмом человека.....	22
1.3. Методы исследования мозга человека.....	24
1.3.1. Исследование сосудов мозга.....	24
1.3.2. Диагностика заболеваний структур мозга.....	25
1.4. Электроэнцефалография.....	28
1.4.1. Происхождение метода.....	28
1.4.2. Электроэнцефалография – как метод исследования мозга человека....	29
1.4.3. Электроэнцефалограмма и ритмы ЭЭГ.....	35
1.4.4. Электроэнцефалограф.....	38
1.5. Метод регистрации биопотенциалов.....	42
1.6. Виды электродов для снятия биопотенциалов головного мозга.....	46
1.6.1. Наносенсоры.....	49
2. Разработка электроэнцефалографического комплекса для исследования мозга человека в расширенном диапазоне частот.....	51
2.1. Разработка структурной схемы ЭЭГ-комплекса.....	51
2.2. Выбор элементов для разработки.....	55
2.3. Расчет погрешности.....	57
3. Экспериментальная часть.....	62
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	68
4.1. Предпроектный анализ.....	68
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	68
4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	68
4.1.3. SWOT-анализ.....	71

4.2. План проекта.....	76
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	76
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	77
4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования.....	78
4.3. Бюджет научного исследования.....	81
4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ.....	82
4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	85
4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы.....	86
4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	88
4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	89
5. Социальная ответственность.....	90
5.1 Производственная безопасность.....	90
5.1.1 Отклонение показателей микроклимата.....	91
5.1.2 Недостаточная освещенность на рабочем месте.....	92
5.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений.....	93
5.1.4 Поражение электрическим током.....	94
5.2 Экологическая безопасность.....	96
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	96
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	98
Заключение.....	102
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ.....	104
Список использованных источников.....	105
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке.....	111
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Принципиальные электрические схемы подсистем АПК.....	139
ПРИЛОЖЕНИЕ В. Принципиальная электрическая схема подсистемы цифровой АПК.....	141
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. Принципиальная электрическая схема подсистемы питания АПК.....	143

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. Принципиальная электрическая схема подсистемы микропроцессорной АПК.....	145
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. Перечень элементов подсистемы аналоговой АПК.....	147
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. Перечень элементов подсистемы цифровой АПК.....	149
ПРИЛОЖЕНИЕ З. Перечень элементов электрическая схема подсистемы питания АПК.....	151
ПРИЛОЖЕНИЕ И. Перечень элементов подсистемы микропроцессорной АПК.....	153

Введение

Прогресс не стоит на месте. Каждый год делаются новые открытия в различных областях науки, которые позволяют решать человеку современные проблемы. Исследования головного мозга являются одним из важнейших направлений в медицине и психологии. Данный ажиотаж вызван огромным количеством людей умирающих от заболеваний головного мозга. По официальным данным в Российской Федерации на 2015 год по заболеваемости первичными опухолями центральной нервной системы на 100 тысяч человек было зарегистрировано 4.8 случая, при 4,2 случая в 2010 году. Такая тенденция вызвана различными факторами: начиная с экологической ситуации на планете, заканчивая психоэмоциональным состоянием человека. По полученным данным исследований ученые нашли прямую и обратную связь между эмоциональным состоянием человека и его всеми системами и органами, так как центральная нервная система полностью охватывает и контролирует работу всех органов. Как какая-то боль в животе может вызвать стресс, так и при постоянной тревоге человек может испытывать трудности при дыхании [31].

В современной медицине выделяют следующие методы исследования структуры головного мозга: эхоэнцефалография (ЭхоЭГ), ультразвуковая доплерография (УЗДГ), реоэнцефалография (РЭГ), магнитно-резонансная томография (МРТ), магнитно-резонансная ангиография (МРА), электроэнцефалография (ЭЭГ), электронейромиография (ЭНМГ), нейросонография (НСГ), краниография, компьютерная томография (КТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ). ЭЭГ является одним из наиболее простых и часто используемых методов при диагностике заболевания и при оценки психоэмоционального состояния человека.

Цель данной работы состоит в разработке электроэнцефалографа для исследования мозга человека в расширенном диапазоне частот (0-10000 Гц) с помощью наносенсоров. Данная разработка должна быть безопасной в

использовании и надежна при диагностике заболеваний, чтобы полученная информация с головы пациента была достоверна. Чтобы обеспечить качественный съем биопотенциалов головного мозга были использованы наносенсоры, разработанные в медицинской лаборатории №63 при Национальном исследовательском Томском политехническом университете.

При разработке электроэнцефалографа были поставлены задачи с целью разработать электроэнцефалографический комплекс, обладающий рядом преимуществ по сравнению с известными на сегодня ЭЭГ-комплексами:

- расширение частотного диапазона (от 0 до 10000 Гц);
- уровень внутренних шумов не более 0,3 мкВ.
- повышение разрешающей способности.

1. Литературный обзор

1.1. Объект исследования

К самым распространенным заболеваниям головного мозга относят: инсульт, болезни Альцгеймера и Паркинсона, эпилепсию, онкологию головного мозга. В России ежегодно регистрируется до 400 тысяч случаев инсульта и 35% из них заканчиваются летальным исходом от самой болезни или ее последствий. К сожалению, в настоящий момент тенденции к улучшению ситуации не наблюдается. Кроме того, заболевания, связанные с сосудами головного мозга (субарахноидальные кровоизлияния, кровоизлияния в мозг, тромбоз, эмболия, злокачественные опухоли головного мозга, атеросклероз, гипертония и другие) затрагивают сегодня не только людей старшего возраста, но и совсем молодых. Ученые связывают это с неблагоприятной экологией, агрессивной информационной средой, неудовлетворительными биохимическими показателями и личными факторами риска: курением, алкоголизмом, несбалансированным некачественным питанием, в целом – с нездоровым образом жизни.

В группу риска попадают люди старше 50 лет и те, кто регулярно подвергается психоэмоциональным и физическим перегрузкам – им показано исследование головного мозга. Оно может быть также назначено:

- при сахарном диабете, который вызывает разрушительные изменения в работе многих органов и провоцирует развитие атеросклероза;
- при атеросклерозе, который опасен тем, что со временем вызывает полную или частичную закупорку сосудов головного мозга;
- при неполноценном кровеносном снабжении головного мозга. Нарушения координации движений, непреходящие сильные головные боли, рвота, общая слабость и плохое самочувствие – симптомы этого недомогания;
- при обнаружении новообразования в головном мозге;
- в прединсультном состоянии;
- при вертебробазилярной недостаточности;

- при черепно-мозговых травмах и ушибах головы и позвоночника;
- перед проведением плановой кардиологической операции.

Метод диагностики врач определяет в зависимости от цели исследования, но в любом случае специалисту необходимо знать[2]:

- существуют ли закупорки или сужения сосудов головного мозга;
- как заболевание пациента влияет на кровоток;
- в порядке ли тонус стенок сосудов;
- присутствуют ли аневризма, деформации, ангиоспазма и врожденные отклонения в строении сосудов головного мозга.

1.2. Взаимоотношение психоэмоционального состояния с организмом человека

Психоэмоциональное состояние — это форма психических состояний человека, которые контролируются различными эмоциональными состояниями, которые возникают при реакции на действительность, нужны человеку, так как они отвечают за регулирование за его самочувствием и функциональным состоянием[3]. Недостаток эмоций приводит к снижению активности центральной нервной системы. Это может вызвать снижения работоспособности человека. При длительной эмоциональной нестабильности возможно возникновение нервно-психического напряжения, который впоследствии может привести к нервному срыву[28].

Нужно объяснить тот факт, что в организме, т.е. в центральной нервной системе человека есть нейроны, которые по своим окончаниям проводят нервные импульсы по всему организму, а мозг дает этому всемо оценку и управляет организмом. Клетки мозга включают нейроны (клетки, генерирующие и передающие нервные импульсы) и глиальные клетки, выполняющие важные дополнительные функции. Нейрон – это клетка, генерирующая и передающая нервные импульсы, она так же делится на

возбуждающую, т.е. активирует разряды других нейронов и тормозную, т.е. останавливает возбуждение других нейронов.

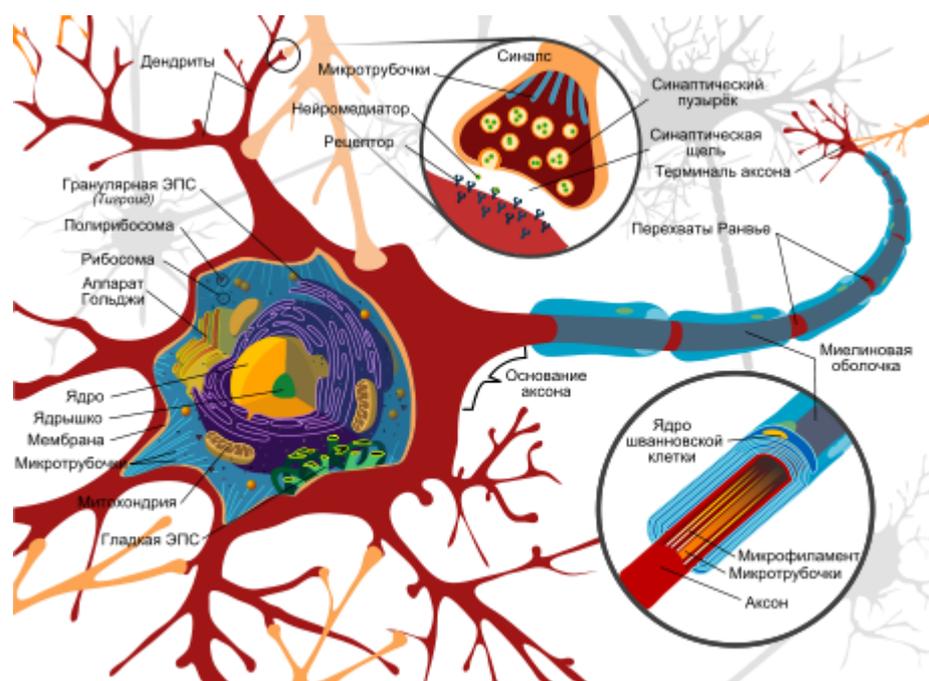


Рисунок 1 Клетка нейрона

Функции нервной системы сложны и многообразны и в первую очередь описываются взаимодействием между нейронами. Это взаимодействие можно представить набором различных сигналов, передаваемых в рамках взаимодействия нейронов с другими нейронами так же железами и мышцами. Ионы генерируют электрический заряд, который движется по телу нейрона, тем самым генерируя и распространяя сигнал. Современные технологии позволяют зарегистрировать данный электрический заряд, который в свою очередь является электрофизиологическим показателем человека. В настоящее время существует множество методов, позволяющих зарегистрировать электрофизиологические показатели в различных частях тела человека[4].

1.3. Методы исследования мозга человека

1.3.1. Исследование сосудов мозга

Методов современной диагностики, с помощью которых можно проверить состояние сосудов головного мозга, немало[13].

Ультразвуковая доплерография (УЗДГ) – обследование основано на сочетании УЗИ с методом доплерографии. Благодаря своей информативности, безопасности, эффективности метод снискал признание в медицинской среде. С его помощью можно установить скорость движения кровотока, сужение в просветах сосудов и атеросклеротические образования, закупорку сосудов, наличие изменения направления кровотока, спровоцированного остеохондрозом или деформацией тканей, а также выявить аневризмы головного мозга. Единственный недостаток УЗДГ – его труднодоступность. Только в современно оснащенных клиниках можно пройти данное обследование. При всей информативности метода противопоказаний к его проведению практически не существует. Только тяжелое состояние пациента и неспособность находиться в лежачем положении могут препятствовать проведению процедуры. УЗДГ не предполагает специальной подготовки.

Реоэнцефалография (РЭГ) – схожа по принципу действия с методом электроэнцефалографии (о которой будет рассказано ниже). По ее показаниям врач оценивает кровообращение в мозге, тонус сосудов и состояние кровенаполнения. При проведении РЭГ особой подготовки не требуется, метод безвреден, противопоказания не отмечены.

Магнитно-резонансная ангиография (МРА) – метод наиболее информативен при изучении мелких структур головного мозга. Предельно точно определяет состояние нервных стволов сосудов, мозгового вещества. Многое зависит от используемого аппарата, мощность при подобном исследовании высока (0,3 Тл). Врач направляет на это обследование при таких нарушениях в работе сосудов шеи и головного мозга, как микроинсульты и

тромбоз. У МРА те же противопоказания, что и при проведении МРТ, речь о которой пойдет ниже.

Если лечащему врачу нужна всесторонняя «картина» о гемодинамике, скорости потока крови, функциональности и наполненности сосудов кровью, он предлагает пациенту пройти доплерографию. При транскраниальной доплерографии используется цифровое исследование, при этом глубина прохождения ультразвуковых лучей увеличивается до 9 см. Сканирование проходит по «срезам», что дает полную и подробную визуализацию состояния артерий и вен головы.

При *дуплексном сканировании* сосудов головы применяется принцип спектрального анализа и доплеровского цифрового кодирования. Процедура помогает отобразить цветовую «картину» просвета сосудов, тонус и структуру стенок сосудов, ветвление и деформацию сосудов, наличие тромбов, атеросклеротических бляшек и их размеры [12].

Допплерография, как и дуплексное сканирование мозга, настолько безвредно, что это исследование можно проводить и маленьким пациентам.

1.3.2. Диагностика заболеваний структур мозга

Эхоэнцефалография (ЭхоЭг) – ультразвуковое исследование мозга. Используется особый аппарат – осциллограф, который фиксирует при помощи ультразвука состояние мозга и воспроизводит результат в виде схемы. Врач получает информацию о состоянии сосудов головы, работоспособности всех участков мозга, мозговой активности[10].

Нейросонографию (НСГ) называют еще детским методом, потому что он применим для новорожденных и детей раннего возраста. Является абсолютно безвредным. НСГ позволяет определить состояние мозгового вещества, мягких тканей, сосудов мозга, наличие аневризм, опухолей, различных патологий.

Краниография – это метод рентген-диагностики, который «расскажет» лечащему врачу о черепе пациента все: его строение, изменения при травмах

и заболеваниях головного мозга. Применим при диагностике болезни Педжета, выявлении миелом, новообразований, косвенных признаков внутричерепной гипертензии. Так как краниография часто выполняется с использованием контрастных веществ, введенных в ликворные вместилища (желудочки мозга), эта процедура плохо переносится пациентом. Сегодня данный метод исследования врачи предпочитают заменять КТ или МРТ.

Электронеуромиография (ЭНМГ) – это метод исследования, который оценивает проходимость импульсов по нервам. Определит район, где проведение нервных импульсов недостаточно или отсутствует вовсе [5].

Позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ) – современнейший метод диагностики, в основе которого лежит применение радиофармпрепаратов. Создает трехмерную «реконструкцию» процессов, происходящих в головном мозге. Диагностирует, в отличие от всех других методов, функциональную активность мозга. Другое, обиходное, название ПЭТ – «функциональная томография». ПЭТ достойно оценена врачами- онкологами. Опухоли размером от 1 см и не имеющие явных клинических проявлений поддаются диагностике и дифференцированию на доброкачественные и злокачественные. В большинстве случаев в качестве радиофармпрепарата используется глюкоза. Замечено, что клетки новообразования потребляют глюкозу интенсивнее нормальных тканей. Глюкоза неравномерно распределяется по организму, и это дает возможность врачу сделать верные заключения. ПЭТ, помимо диагностирования онкологии, используют и при определении болезни Альцгеймера, эпилепсии, ишемических нарушений, последствий сотрясений мозга. Категорическое противопоказание при проведении ПЭТ – беременность или кормление грудью.

Показания к направлению на исследование компьютерной томографией (КТ) охватывает множество состояний, потому что КТ способна выявить практически все патологии:

- воспалительные процессы в веществах головного мозга и оболочки;
- повышенное внутричерепное давление;

- кисты мозга, новообразования, аномалии развития органа;
- рассеянный склероз и другие.

КТ послойно «показывает» состояние нужных структур мозга. Томограмма позволяет врачу с очень большой долей вероятности поставить окончательный диагноз и приступить к терапии. Состояние белого и серого веществ головного мозга, гипофиза, гиппокампа, оболочки, желудочковой системы, черепные нервы, сосуды – объективно покажет исследование. Метод безопасен, лучевая нагрузка низкая. КТ разрешено проводить и детям.

Магнитно-резонансный метод столь же информативен, как КТ, и при его проведении также делаются послойные снимки мозга. Суть метода иная, чем при КТ. На объект воздействуют не рентгеновские лучи, а радиоволны. Объект исследования помещают в созданное магнитное поле. Таким образом создаются резонансные колебания в молекулярных ядрах, которые фиксируются программой. В итоге получается серия черно- белых томограмм с высокой контрастностью, каждая из них – это «срез» мозга. Снимки подаются в разных плоскостях, аппарат позволяет увидеть мозг и в трехмерном формате. Таким образом специалист получает исчерпывающую информацию о строении мозга.

Показания к проведению МРТ:

- неопределенность результата при проведении других методов исследования;
- жалобы на сильные головные боли, судороги и другая «общемозговая» симптоматика;
- повышенное внутричерепное давления и травмы головы;
- новообразования и воспалительные заболевания мозга, аномалии строения мозга и сосудов;
- обследование перед оперативным вмешательством.

Особой подготовки к исследованию не требуется. Возможно проведение детям. Метод имеет противопоказания. Например, его осуществление при наличии в теле человека металлических протезов, имплантатов, кардиостимуляторов – невозможно.

1.4. Электроэнцефалография

1.4.1. Происхождение метода

Исследования мозга человека началось более 100 лет назад. Первооткрывателем электрической активности головного мозга является английский ученый Ричард Катон (1842-1926). Он был практикующий хирург, жившим в Ливерпуле. В 1875 году произвел запись электрических потенциалов на открытом участке коры головного мозга. В роли подопытных выступали экспериментальные животные (кролики и обезьяны). В 1891 были польский физиолог Адольф Бек опубликовал результаты по изучению биопотенциалов[16], полученных от исследований мозга животных. Русский физиолог Правдич-Неминский (1879-1952) в 1912 г впервые представил фотографическую запись электрической активности мозга, осуществив регистрацию ЭЭГ у собак с целостным скальпом. Он использовал в исследованиях гальванометр Вильяма Эйтховена. Данная запись получила название «электроцереброграммой»[24].

Основная проблема при визуализации и изучения биопотенциалов мозга человека являлась потребность в регистрации величин, измеряемых в микровольтах, и записи сигнала через неповрежденный череп.

Но немецкому психиатру и нейрофизиологу Хансу Бергеру удалось записать первым электроэнцефалограмму человека в 1924 году. Он был первооткрывателем метода клинической электроэнцефалографии [9]. В своих трудах Ханс Бергер изобрел и сконструировал первый электроэнцефалограф и при помощи игольчатых электродов в качестве датчиков для регистрации биоэлектрической активности мозга, расположенных под кожей черепа, произвел регистрацию суммарной биэлектрической активности мозга. В экспериментах ученый применял электроды для записи ЭЭГ с поверхности скальпа из свинца, цинка и платины, а в качестве референта использовалась ложечка из серебра, которая помещалась в рот исследуемого пациента. При

подключении к осциллографу Бергер заполучил изображение биоэлектрической активности мозга на мониторе.

К 1929 году он опубликовал свое открытие (публикация «Электроэнцефалограмма человека»). Бергер обнаружил альфа ритмы, которые первоначально были названы в его честь. Частоты мозговых электрических колебаний варьировались от 8 до 12 Гц. Впоследствии Бергер проводил запись ЭЭГ как у здоровых людей, так и у пациентов, страдающих различными мозговыми расстройствами. Это стало началом технологии клинической электроэнцефалографии. Также он обнаружил бета ритмы в ходе исследований. Бергер отметил обнаружил зависимость между биоэлектрической активностью головного мозга и степени бодрствования и степени внимания, Выяснил, что характер «мозговых волн» меняется в зависимости от функционального состояния мозга исследуемого, например, как во время сна, при проявлении анестезии и гипоксии, а также, при определенных неврологических заболеваниях, как эпилепсия.

Благодаря исследованиям мозга Бергер заслужил титул «отца электроэнцефалографии» и навсегда вошел в историю медицины. В своих трудах ученый заявил, что возможно регистрировать слабые электрические сигналы, генерируемые в головным мозге. Также он наглядно продемонстрировал их изображения на полосках бумаги. Ханс Бергер впервые в мире обосновал метод клинической электроэнцефалографии, и является изобретателем предшественника современным электроэнцефалографам[27].

1.4.2. Электроэнцефалография – как метод исследования мозга человека

Электроэнцефалография (ЭЭГ) — чувствительный метод исследования головного мозга, позволяющий регистрировать изменения в коре головного мозга и глубинных мозговых структур при миллисекундном временном разрешении[7]. Такое разрешение позволяет получить больше информации при исследовании мозговой активности, чем при других методам

исследования мозговой активности, например, как ПЭГ и ФМРТ. ЭЭГ отражает суммарную активность огромного множества нервных элементов мозга, проявляющуюся в возникновении синоптических электрических потенциалов, является основным методом оценки функционального состояния центральной нервной системы (ЦНС), чувствительна к колебаниям внутреннего состояния организма. Она изменяется в зависимости от уровня бодрствования, а также под влиянием внешних воздействий.

Показания ЭЭГ зависят от возраста человека. Так у детей присутствуют свои особенности, отличающиеся от взрослых. Процесс формирования ЭЭГ происходит с момента рождения и завершается в 16—18 лет. У каждого взрослого человека ЭЭГ индивидуальна (в ней заметны личностные особенности, которые индивидуальны для каждого). По мере старения (с 50-60 лет) биоэлектрическая активность мозга меняется и не в лучшую сторону: происходит ухудшение памяти, ослабление умственной работоспособности[23].

Электроэнцефалография позволяет качественно и количественно анализировать функциональное состояние головного мозга и его реакций под действием различных раздражителей. Записи ЭЭГ применяют как в медицине при диагностике и лечебной работе (при эпилепсии), в анестезиологии. Кроме того, электроэнцефалографию используют при изучении психических познавательных процессов, например, как восприятие, ощущение, внимание.

Исследование проводят в таких случаях: Оценка уровня незрелости головного мозга детей; Бессонница или другие нарушения сна; Заболевания сосудов мозга; Ушибы, травмы; Психические расстройства; Печеночная энцефалопатия; Опухоль мозга; Нозологические формы, при которых поражается мозг; Пароксизмальные проявления, эпилептические или припадки, связанные с другими отклонениями; нейроинфекции, воспаления, инфекционный нейротоксикоз; Отравления нейротоксическим ядом; Дизэнцефальный синдром; Невроз; Дегенеративные, дисфункциональные нарушения; Коматозное состояние; Подтверждение смерти мозга; Проверка

эффективности и подбор дозы препаратов при эпилепсии. Колебания активности мозга во многих случаях происходят непостоянно, зачастую это эпизоды и вспышки. Потому, чем больший отрезок времени происходит запись ЭЭГ, тем точнее будут результаты.

Выделяют несколько типов записи ЭЭГ: Рутинная ЭЭГ – исследование, которое проводят впервые после осмотра лечащего доктора. С этой стадии начинается диагностирование пароксизмального состояния. Метод заключается в быстрой записи (не более пятнадцати минут) биологического потенциала мозга человека. Выполняют фото стимуляцию (нагрузка с помощью часто мигающих светодиодов), гипервентиляцию (частое дыхание). Это необходимо для выявления каких-либо скрытых изменений. ЭЭГ с лишением ночного отдыха (депривация) – процедуру проводят по назначению специалиста при недостаточных данных рутинной ЭЭГ. Для проведения процедуры с лишением сна, пациенту требуется проснуться на несколько часов раньше проведения ЭЭГ, либо не ложиться вовсе. Все зависит от возрастной категории больного и тяжести болезни. Продолжительная (длительная) электроэнцефалограмма, при которой регистрируется дневной сон. Процедуру проводят при вероятности изменений показателей в период сна. ЭЭГ головного мозга при ночном сне – самый информативный метод, своего рода стандарт. При этом исследовании отмечают участки в период бодрствования, засыпания, сна и пробуждения. При необходимости процесс сопровождается записью видео (видеомониторинг) в темном помещении и подключением специальных датчиков (электроокулограмма, рекурсия дыхания, электромиограмма, электрокардиограмма)[14].

ЭЭГ-исследования дают важную информацию при диагностике неврологических, соматических, психических заболеваний:

- 1) наличие поражения структур мозга
- 2) степень выраженности заболевания;
- 3) диагностику поражения областей мозга;

4) состояния мозга.

Следует подчеркнуть, что изменения ЭЭГ нозологически – неспецифичны. Данные ЭЭГ следует использовать с сопоставлением клинических данных и с результатами других методов исследования.

Показания, используемые для проведения ЭЭГ:

- 1) различные заболевания, как эпилепсия, мигрень;
- 2) поражения структур мозга, как опухоли, абсцесс;
- 3) поражения сосудов головного мозга;
- 4) черепно-мозговая травма или сотрясение;

Диагностическая роль ЭЭГ при различных заболеваниях неоднозначна. В случае тяжелых очаговых поражений мозга (опухоль, инсульт, травма) наибольшую значимость имеет топическая диагностика. Локальные сдвиги на ЭЭГ чаще всего проявляются медленными колебаниями, выделяющимися в амплитуде над фоновой активностью. Изменения биопотенциалов оказываются более четкими и локализованными при поверхностном расположении патологического процесса более обширными, с распространением на другие отделы мозга — при поражении в глубине полушария. Поражения ствола или других срединных структур мозга обычно сопровождаются разрядами билатерально-синхронных колебаний.

При заболеваниях с грубой очаговой симптоматикой оценка состояния трудоспособности обычно не вызывает затруднений. В этих случаях наличие стойких локальных изменений ЭЭГ является объективным подтверждением тяжести состояния.

Локальные ЭЭГ-нарушения после травм, инсультов, сохраняющиеся длительное время, в течение нескольких лет указывают на стойкую недостаточность функционирования соответствующих участков мозга.

Особое назначение имеет ЭЭГ для обнаружения и локализации эпилептических изменений, встречающихся при личных церебральных заболеваниях, приводящих к инвалидности, например, после тяжелых черепно-мозговых травм, нейроинфекций. Отсутствие соответствующих эпилептических потенциалов на ЭЭГ оказывается решающим фактором при дифференциальной диагностике в случае кризовых состояний неэпилептического характера.

При анализе ЭЭГ, помимо указаний на локальные сдвиги биопотенциалов, важное значение имеет характеристика диффузных изменений. При очаговых церебральных поражениях они отражают реакцию мозга в целом на локальный патологический процесс. В общем функциональном состоянии ЦНС находят отражение ее компенсаторные возможности. Бывают случаи, когда несмотря на тяжелые морфологические изменения, имеет место высокая приспособляемость ЦНС, обеспечивающая сохранение работоспособности, а иногда, наоборот, при относительно незначительных симптомах хронического заболевания трудоспособность оказывается сниженной из-за недостаточной компенсаторной приспособляемости организма. О компенсаторных возможностях ЦНС можно судить по ЭЭГ-исследованиям в динамике. Отсутствие или отрицательная динамика локальных или диффузных сдвигов ЭЭГ свидетельствует о низких функциональных резервах организма, и наоборот.

По этому, большой ценностью является информация об особенностях общего функционального состояния организма при возникновении различных нарушений и заболеваний: при сосудистых нарушениях, при черепно-мозговых травмах, при нейроинфекциях, при неврозах, а также при астенических, неврастенических и психастенических состояниях. Такие заболевания и нарушения могут привести к инвалидности при несвоевременном оказании медицинской помощи больному.

Дисфункцию областей мозга и уровней лимбико-ретикулярного комплекса можно увидеть на ЭЭГ по характерным изменениям, возникающих

при регистрации биоэлектрической активности мозга. При доминировании бета-ритмов высокой частоты в биопотенциалах на ЭЭГ и при снижении амплитудного уровня можно наблюдается высокая активность в ретикулярной формации среднего и продолговатого отделов мозга. При повышенной синхронизации биопотенциалов усиливается влияния таламических, гипоталамических образований и тормозного центра Морuzzi в каудальном отделе мозга.

Оценка ЭЭГ с использованием лимбико-ретикулярного комплекса в организации интегративной деятельности мозга позволяет прийти к пониманию патогенетических механизмов ряда заболеваний и патологических состояний, которые сопровождаются нестабильностью: вегетативными реакциями и нарушениями психоэмоционального состояния человека.

Благодаря отражению показателей ЭЭГ состояния систем мозга можно расширить возможности использования ЭЭГ-данных в медицинских и научно-исследовательских целях.

ЭЭГ позволяет установить участки мозга, которые задействованы в провоцировании приступов. Можно изучить динамику действия лекарственных препаратов и принять решение о прекращении лекарственной терапии; Электроэнцефалография помогает в идентификации степени нарушения работы мозга при эпилепсии, дает оценку степени нарушения работы мозга.

ЭЭГ обладает рядом преимуществ при сравнении его с позитронно-эмиссионной томографией или функциональной магнитно-резонансной томографией: ЭЭГ показывает важный параметр работы нервной системы — свойство ритмичности, которое отражает согласованность работы структур мозга – исследует электрические процессы в нейронах. Это даёт возможность к механизмам обработки информации мозгом при различных мыслительных процессах, показывая «где» и «как» происходит обработка информации.

1.4.3. Электроэнцефалограмма и ритмы ЭЭГ

Для исследования сигналов ЭЭГ подвергается анализу[11]. Основными понятиями ЭЭГ при регистрации биопотенциалов являются:

- средняя частота колебаний биопотенциалов
- максимальная амплитуда биопотенциалов
- фаза биопотенциалов
- различия кривых ЭЭГ на разных каналах
- временная динамика кривых ЭЭГ.

Суммарная фоновая электрограмма коры и подкорковых образований мозга пациента, варьируя в зависимости от уровня филогенетического развития и отражая цитоархитектонические и функциональные особенности структур мозга, также состоит из различных по частоте медленных колебаний [31].

Частота является важной характеристикой при ЭЭГ исследовании. По причине возникновения ограничения в возможностях восприятия, когда производится визуальный анализ ЭЭГ в клинической электроэнцефалографии, оператор не может достаточно точно охарактеризовать целый ряд частот. Это вызвано тем, что человеческий глаз может выделить только часть основные частотных полос, присутствующих в ЭЭГ. С целью удобного проведения ручного анализа была разработана классификация частот ЭЭГ по частотным диапазонам. В качестве названий ритмов используются буквы греческого алфавита [32]:

- альфа-ритм (8-13 Гц; 30-150 мкВ) - ритм ЭЭГ, который преобладает у человека при спокойствии. Он хорошо выражен в задних отделах (затылочно-теменных) в условиях покоя, в темноте, при закрытых глазах. Частота альфа-ритма длительное время остается постоянной и только к старости снижается до нижних границ нормы. У 15% здоровых людей альфа- ритм отсутствует. Преимущественно альфа-ритм регистрируется в следующих областях мозга: затылочной, затылочно-височной, затылочно-теменной и затылочно-

теменновисочной. При этом наибольшая амплитуда ритма регистрируется в затылочных областях, с уменьшением к передним отделам головного мозга. Во всех областях альфа-ритм имеет одну и ту же частоту и постоянные фазовые соотношения. Альфа-ритм может иметь амплитуду на 10-15 мкВ ниже в доминантном полушарии. Амплитуда альфа-волн испытывает модуляцию, в результате чего альфа-волны собираются в своеобразные веретена длительностью от 0,5 до 5 с, формируя характерный (модулированный) внешний вид альфа-ритма. Альфа-ритм - своеобразная функциональная характеристика состояния коры мозга. При любом активировании или угнетении мозга (афферентные раздражения, умственное напряжение, волнение, сон, наркоз и др.) альфа-ритм одновременно в симметричных областях исчезает или уменьшается по амплитуде (десинхронизируется, блокируется). По окончании действия раздражителей он вновь восстанавливается. Степень угашения этой ЭЭГ-реакции характеризует степень реактивности мозга. При патологии альфа-ритм значительно изменяется по всем своим характеристикам: частота его снижается, амплитуда может, как возрастать, так и уменьшаться, вершины волн заостряются, сглаживаются региональные различия альфа-ритма, снижается реактивность. В пораженном полушарии альфа-ритм изменен в большей степени. При начальной стадии развития опухоли и других процессах альфа-ритм, отражая явления раздражения мозговой ткани, в пораженном полушарии может иметь более высокую амплитуду при сниженной частоте и ослабленной реактивности[6].

– бета-ритм (14-30 Гц, 10-30 мкВ) ритм, выраженный в передних отделах (фронтальные и центральные области). Возникает при интеллектуальной активности мозга, как при решении задач, так при фотостимуляции и фоностимуляции. При беспокойстве и нервном напряжении наблюдается уменьшение альфа-ритма. Появляется при этом бета-ритм. При патологии изменению подвергаются все параметры бета-ритма: частота, амплитуда, пространственное расположение, реакции на раздражители.

– гамма-ритм (30-120Гц, до 10 мкВ) в ряде случаев частота достигает 120 Гц, в основном, регистрируется в передних отделах мозга. Гамма-ритмы – это самыми высокочастотные ритмы мозга, известные на сегодня. В ходе исследований данные ритмы наблюдались при активном мыслительном процессе, они неразрывно связаны с когнитивными процессами, протекающими в нашем мозге. Чем выше частота этих ритмов, тем быстрее мы можем вспомнить ту или иную информацию. Во время глубокого сна гамма-ритмы мозга полностью исчезают. Они возвращаются в тот момент, когда мы просыпаемся [33].

– тета-ритм (4-7 Гц, 25-300 мкВ) в основном регистрируется в теменной и височной областях. Тета-активность наблюдается при засыпании. Односторонний тета-ритм указывает на наличие очагового коркового поражения. Низкоамплитудный тета-ритм (25-40 мкВ) возникает в центральных областях мозга при эмоциональных напряжениях у здоровых людей и с по мере старения человека. Если амплитуда тета-ритма превосходит 40 мкВ, то это уже патологический тета-ритм. Он отражает вовлечение в патологический процесс, видимо, глубоких отделов мозга. Амплитуда его при патологических состояниях может достигать до 300 мкВ и выше. У взрослого человека в состоянии бодрствования признаком патологии следует считать: 1) высокое содержание симметричных тета-волн; 2) асимметричные тета-волны; 3) пароксизмальные тета-волны.

Вспышки, возникающие из-за тета-ритмов и дельта-ритмов, указывают на возникновение патологических процессов, их локализации в подкорковых и стволовых структурах мозга.

– дельта-ритм (0,5-3 Гц, 20-200 мкВ) в основном у взрослых регистрируется в затылочной области при глубоком сне или при наркозе. Его появление указывает на снижение тонуса коры. Локальное появление дельта- ритма у взрослого в состоянии бодрствования указывает на наличие очагового коркового поражения. При бодрствовании встречаются единичные дельта-колебания, амплитуда которых не более 20 мкВ. Возникает при этом

преимущественно в височных и центральных областях мозга и по достижению возраста 40-50 лет. Низкоамплитудный дельта-ритм (до 20-30 мкВ) у взрослого человека свидетельствует о снижении уровня функциональной активности мозга; очаговое или генерализованное появление медленного, особенно высокоамплитудного, ритма является патологией. Максимальная амплитуда его регистрируется на границе очага. Это место называют дельта-фокусом

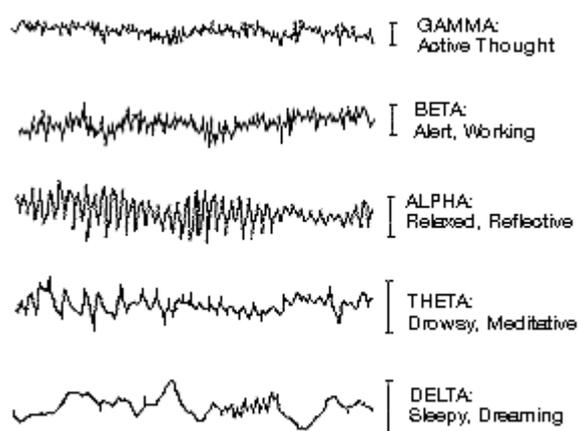


Рисунок 2 Ритмы головного мозга

1.4.4. Электроэнцефалограф

Электроэнцефалограф – это прибор, с помощью которого можно производить регистрацию разнообразных биоэлектрических процессов в структурах мозга. Данный прибор состоит из коммутатора отведений, усилителя отводимых биопотенциалов, регистрирующего устройства и устройства калибровки, которые четко взаимосвязаны и заключены в общий корпус[15].

Электроэнцефалографы используемые в клинических исследованиях позволяют регистрировать электрические колебания в диапазоне частот от 0,5 до 100 Гц. ЭЭГ аппаратура различается чувствительностью от 0,5 до 1 мм/мкВ, скоростью регистрации от 5 до 100 мм/с, количеством каналов (у аналоговых

до 32, у компьютерных — до 256). ЭЭГ получили широкое применение для диагностики при исследовании различных заболеваний: эпилепсия, алкогольная эпилепсия, различные новообразования и опухоли, сосудистые заболевания, последствия черепно-мозговых травм и сотрясений.

Рассмотрим отечественные электроэнцефалографические комплексы. Нейрон-Спектр-4/П[18] является 21-канальным электроэнцефалографом профессионального уровня с 4 полиграфическими каналами. В прибор встроены:

- 21 канал регистрации ЭЭГ;
- 4 полиграфических канала для регистрации любых сигналов — от ЭОГ до длиннолатентных ВП;
- 2 канала постоянного тока (чаще всего используются для подключения датчиков положения тела);
- 1 канал регистрации дыхания;
- стимуляторы: фотостимулятор, фоностимулятор, паттерн-стимулятор.
- частотный диапазон (0-200) Гц
- уровень внутренних шумов до 0,8 мкВ
- частота дискретизации 5000 Гц

В комплекте с данным электроэнцефалографом поставляется программное обеспечение, которое позволяет использовать любой персональный компьютер для получения информации с электроэнцефалографа и последующей обработке, хранению ее.



Рисунок 3 Электроэнцефалограф Нейрон-Спектр-4/П

Можно также выделить электроэнцефалограф Мицар-ЭЭГ 202[17, 29]. Производители данного комплекса рекомендуют его использовать как в клинических, так и научных целях.

Данный ЭЭГ комплекс включает в себя:

- напольный штатив для ПБС
- фотостимулятор Мицар-ФОТО-2
- напольная стойка для фотостимулятора

Характеристики Мицар-ЭЭГ 202:

- 24 или 31 канал ЭЭГ + 8 полиграфических
- полоса пропускания (0-500) Гц
- уровень внутренних шумов не более 0,25мкВ
- входной диапазон ± 500 мВ
- частота дискретизации 2000 Гц



Рисунок 4 Электроэнцефалограф Мицар-ЭЭГ 202

В других странах также ведутся разработки электроэнцефалографических комплексов. Можно выделить зарубежные электроэнцефалографические комплексы таких компаний, как в Италии EB NeuroSpA (NeMus 2)[19], в Японии EastMedic CO (BIO-NVX52/36)[20], в Австрии EMS Biomedical (SiennaDigital EEG)[21].

Характеристики:

- число каналов ЭЭГ: 32
- Амплитудный диапазон ± 400 мВ
- уровень внутренних шумов 15 мкВ
- частотный диапазон от 0 до 120 Гц

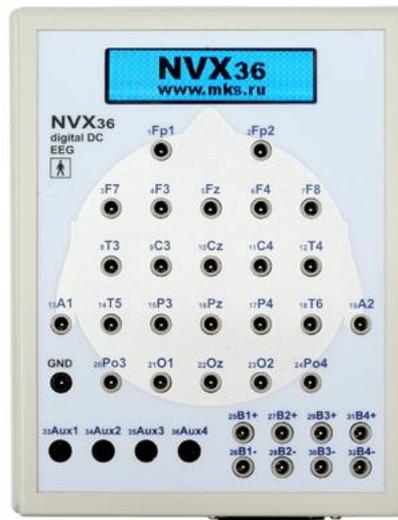


Рисунок 5 электроэнцефалографический усилитель NVX36

Можно заметить, что наблюдается расширение частотного диапазона регистрации биопотенциалов. Хотя и большинство электроэнцефалографов использует только частотный диапазон от 0 до 120 Гц, с развитием технологий и новыми открытиями в медицине появляется необходимость для увеличения частотного диапазона, т.к. получаемая электроэнцефалограмма с таких ЭЭГ-комплексов содержит более подробную информацию о биопотенциалах, что позволяет получать более качественную и подробную информацию о работе головного мозга. Повышение частотного диапазона позволит регистрировать гамма-ритмы, диапазон которых может превышать 100 Гц.

1.5. Метод регистрации биопотенциалов

В настоящее время для регистрации биопотенциалов используют международную систему размещения электродов «10—20». Данная система была разработана Гербертом Джаспером, канадским ученым, в 1958 году и в последствии рекомендована «Международной федерацией обществ электроэнцефалографии и клинической нейрофизиологии».

При анализе электроэнцефалографам основными характеристиками работы мозга являются амплитуда биопотенциалов, их частота, форма волны,

топография волны и др. Важным является расположение электродов при регистрации ЭЭГ: электрическая активность, регистрируемая с различных точек головы, может сильно отличаться. Существуют специальные электроды для съема электроэнцефалограммы – ЭЭГ электроды. В данной работе для съема информации будут использованы медицинские наноэлектроды для электроэнцефалографии. Данные наноэлектроды разработаны в Инженерной школе неразрушающего контроля и безопасности НИ ТПУ, в НПЛ «Медицинской инженерии». Данные электроды имеют высокую стабильность электродного потенциала, обладают низкими контактными и поляризационными потенциалами, превосходят другие электроды благодаря низкому напряжению шума и сопротивлению.

По системе «10-20» точки расположения электродов определяют описанным ниже образом. Вначале измеряют расстояние по сагиттальной линии от *inion* до *nasion*. Полученную величину принимают за 100%. Первым устанавливают нижний лобный (Fp) и затылочный (O) сагиттальные электроды в 10% расстояния от *inion* и *nasion*. После остальные электроды (F, Cz и P) располагают между «Fp» и «O» на равных расстояниях, величина данного расстояния – 20% от *inion-nasion*. Вторую основную линию проводят между 2-мя слуховыми проходами через макушку (*vertex*). Электроды T3 и T4, которые являются нижними височными электродами, располагают соответственно на расстоянии в 10% над слуховыми проходами, при этом остальные электроды в этой линии, а именно C3, Cz, C4 - на расстояниях по 20% от длины биаурикулярной линии. Для расположения электродов P3, P4, T5, T6, F3, F4, F7, F8, Fp1, Fp2 проводят линии от *inion* к *nasion* через точки T3, C3, C4, T4. Далее электроды помещают на мочки ушей, данные точки обозначают, как A1 и A2 соответственно. Буквенные символы O, P, C, F, A обозначают на голове основные области мозга и ориентиры (O означает «occipitalis», F – «frontalis», C – «centralis», P – «parietalis», A – «auricularis»).

Цифровые индексы делятся по полушариям мозга: нечетные соответствуют электродам над левым полушарием, четные - над правым.

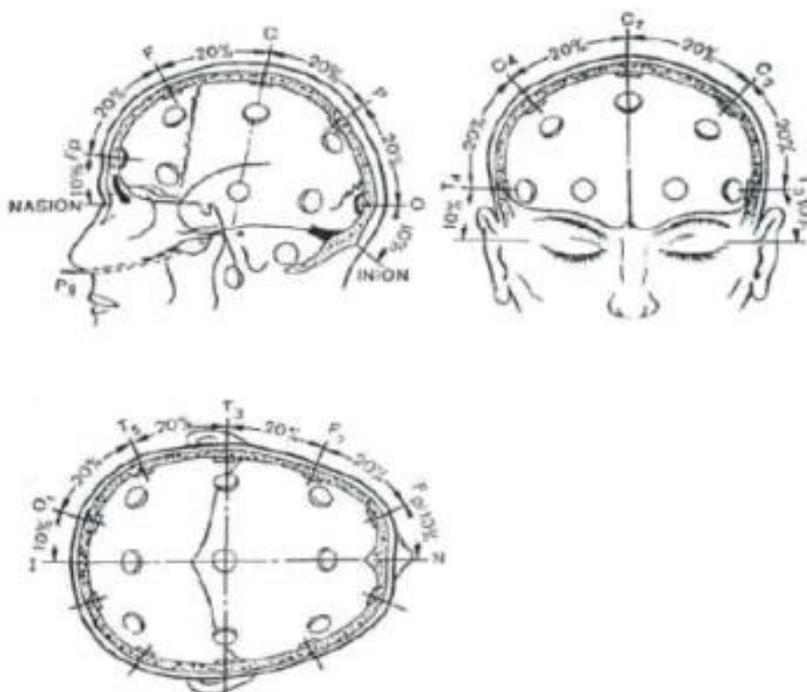


Рисунок 6 международная система отведений «10-20%»

К данным точкам, которые будут использоваться для регистрации биопотенциалов, подключают электроды. Электроды могут быть приложены как к поверхности тканей, которые покрывают мозг (кожа, кости, мышцы и др.), так и к поверхности мозга. При необходимости могут вводиться в глубинные отделы мозга. В соответствии с системой отведений 10-20% на голове крепятся электроды для съема информации.

В электроэнцефалографии применяют монополярные отведения *I*, *II*, *III* (см. рисунок 6, а) Также данные отведения применяют в электрокардиографии.. Монополярные отведения формируются между точкой мозга, которая исследуется, и индифферентной точкой, например такой точкой обычно служит мочка уха, или в более редких случаях— переносица. Монополярные отведения *I*, и *III* (рисунок 6, в) также могут формироваться при использовании средней или «нейтральной» точки. На рисунке 6, б показано, что в данном случае все электроды в исследовании, объединены с

помощью одинаковых резисторов с сопротивлением 250 кОм. Общей точкой служит нейтральный электрод. При реализации монополярных отведений, используя схему на рисунке 6, б, используется минимум 10-12 электродов. Монополярные отведения применяются с целью получения информации о колебаниях биопотенциалов в исследуемых точках. Биполярные отведения I, II и др., формируемые между 2-мя точками мозга, позволяют обеспечить высокую точность при локализации очагов поражений при исследовании мозга (рисунок 6, в).

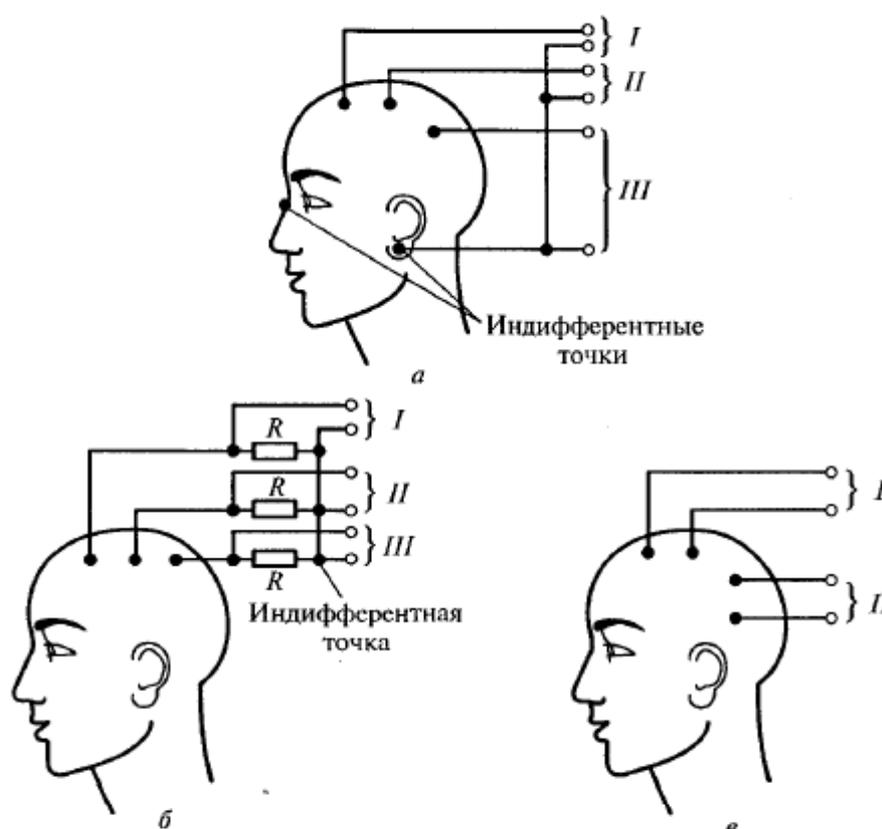


Рисунок 7 Монополярные (а, б) и биполярные отведения (в)

Также используются дисковые, кольцеобразные и проволочные электроды, чтобы отвести биосигналы с поверхности тканей. Перед наложением электродов на кожу место наложения обезжиривается смесью спирта и эфира, волосы могут быть раздвинуты или удалены, если это мешает

раположению электродов. После с помощью раствора соды участок кожи увлажняют, где будет крепиться датчик, и наносят специальную электропроводящую пасту. Электроды крепят на голову исследуемого человека с помощью специально разработанных для этого шлемов-сеток (рисунок 8). Такие шлемы обычно изготавливают из эластичных резиновых тяжей. Можно регулировать размер шлема исходя из размера головы исследуемого. Это обеспечивает плотное и надежное прилегание электродов к голове человека. [8]



Рисунок 8 Пример ЭЭГ–шлема для исследования.

1.6. Виды электродов для снятия биопотенциалов

ГОЛОВНОГО МОЗГА

Для регистрации биопотенциалов в электроэнцефалографии используются специальные электроды. Данные приспособления применяются в функциональной неврологической диагностике для регистрации активности нейронов мозга. Конфигурация и набор физических свойств электродов разработаны и реализованы так, чтобы улучшить взаимодействие аппаратуры и пациента и оптимизировать процесс фиксации электрических импульсов.

В электроэнцефалографических исследованиях используются различные типы электродов для регистрации биоэлектрической активности в разных отделах мозга[8].

Для регистрации биопотенциалов с поверхности головы могут быть применимы следующие типы электродов[26]:

1. Мостиковые электроды – электроды, применяют для снятия ЭЭГ у пациентов, находящихся, как правило, в сидячем положении, фиксируются при помощи силиконового шлема, устанавливаются на физ.раствор или гель ЭЭГ. внешний вид которого представляет стержень, один из его концов закреплен в Г-образном держателе, а второй оборачивается гигроскопичным материалом и смачивается раствором NaCl. На голове данные электроды фиксируются при помощи специальной шапочки. Мостиковые электроды применяются для обследования пациентов, которые способны находиться определенное время в состоянии полулежа или сидя и выполнять команды нейрофизиолога.

2. Чашечковые электроды выполнены в виде чашки с приподнятыми краями. Внутри чашечки помещается электродный гель, а сам электрод приклеивается к голове либо специальным клеем, либо фиксируется клеящими полосками. Диаметр электрода – 5 или 10 мм. Чашечковые электроды целесообразно применять для обследования больных с нарушением сознания, маленьких детей, при долговременной записи и исследованиях ЭЭГ, когда исследуемый находится в состоянии сна.

3. Игольчатые электроды – электроды, которые выполнены в виде тонких иглолок, которые устанавливаются под кожу головы. Игольчатые имеют применение во время хирургических операций, чтобы оценивать состояние нервной системы пациента и глубины наркоза. Крепятся к покровам головы исследуемого. Также данные электроды можно установить в мозговую ткань при нейрохирургических операциях, проводимых на головном мозге

4. Активный электрод - электрод, находящийся непосредственно над мозговыми структурами или внедренный в мозг.

5. Базальный электрод - электрод определенной конструкции, располагаемый в основании черепа, который вводится до задней стенки носоглотки через носовые пазухи,

6. Глубинный электрод - электрод, погруженный внутрь мозга.
7. Индифферентный электрод - электрод, который подсоединяется в условно "нулевой" точке на мочке уха, где отсутствует активность биопотенциалов и относительно данной точки проводится измерение величины потенциала на других рабочих электродах.
8. Кортикальный электрод - в ЭЭГ - электрод, который располагается напрямую на поверхности мозга или погруженный в кору мозга.
9. Усредненный электрод - искусственная точка в схеме коммутации электродов, которая соединена через сопротивление со всеми или несколькими рабочими электродами. В данной точке регистрируемый потенциал почти равен среднему значению потенциалов рабочих электродов.
10. Сфеноидальный электрод – электрод, типа проволочный или игольчатый, который проводят ниже скуловидной дуги через мягкие ткани лица исследуемого. При этом кончик электрода располагают в области овального окна около основания черепа.
11. Референтный электрод - электрод, используемый для измерения величин колебаний биопотенциала мозга, которые происходят по другому электроду. Такой референтный электрод соединяют с входом усилителя и на данном электроде можно зарегистрировать некоторый потенциал.
12. Рабочий электрод - активный электрод, который используется для регистрации разности потенциалов в сочетании с индифферентным электродом. Обычно рабочий электрод соединяется с первым входом усилителя.
13. Слабополяризующиеся электроэнцефалографические электроды ЭСЭГ-1, ЭСЭГ-2 - для электроэнцефалографии; Предназначены для многократного съема биопотенциалов человека - электроэнцефалографии [9].

На сегодняшний день наиболее распространенными электродами для электроэнцефалографии являются хлор-серебряные электроды. ЭЭГ позволяет регистрировать разность потенциалов между двумя точками на поверхности головы у пациента. И для этого подают напряжение на каждый

канал регистрации, на один положительный вход канала усиления, второй на отрицательный.

1.6.1. Наносенсоры

Наносенсоры[22] очень хорошо подходят для целей ЭЭГ, благодаря их высокой стабильности электродного потенциала, стабильных контактных и поляризационных потенциалов, более низкому напряжению шума и сопротивлению. В ходе эксперимента были использованы наносенсоры (рисунок 11). На корпусе имеется специальный паз для более удобной их фиксации с помощью электроэнцефалографического шлема.

Электродное устройство с наночастицами серебра получило название «наносенсор» благодаря высокой разрешающей способности по уровню сигнала (нановольтовый) и по частотному диапазону (разрешающая способность по уровню регистрируемых биопотенциалов: допустимое значение – 300 нВ; допустимая погрешность $\pm 15\%$ (± 45 нВ)).

В процессе изготовления электродов из пористой керамики частицы серебра имплантируют в поры керамической диафрагмы электрода. Эти частицы частично проникают вглубь пористой диафрагмы вблизи от поверхности нанесения.

После расплавления пасты на основе хлористого серебра (AgCl) происходит смачивание серебряных частиц, в результате которого в порах керамической диафрагмы формируется большое количество хлор-серебряных микроэлектродов. Поры создают в пористой керамике сложную систему сообщающихся между собой полостей.

Находясь в различных порах, частицы серебра не имеют электрической связи друг с другом. Электрическая проводимость возникает лишь после смачивания электродов твердым электролитом между отдельными микроэлектродами. Сумма потенциалов микроэлектродов определяет общую ЭДС (электродный потенциал).

В наносенсорах весь объем пористой диафрагмы должен быть заполнен наночастицами серебра, что приведёт к значительному увеличению количества наноэлектродов[25].

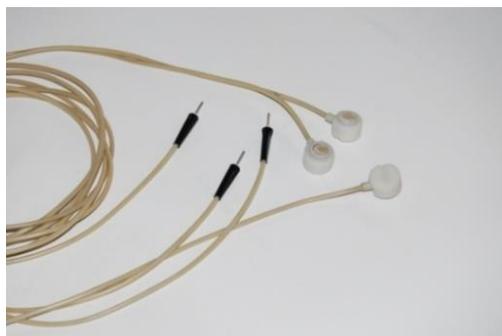
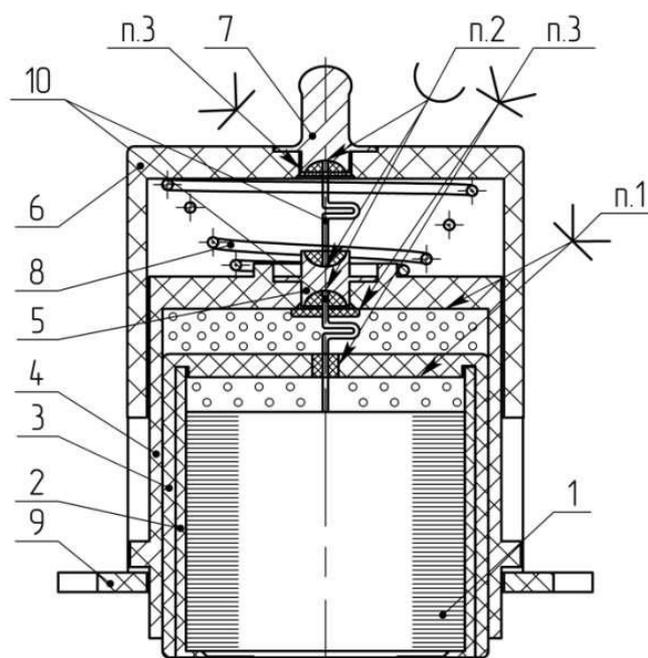


Рисунок 9 Наносенсоры для трехканального отведения

На рисунке 12 изображен сборочный чертеж наносенсора. В конструкции наносенсора присутствует пружина 8, обеспечивающая постоянный подпружиненный контакт между наносенсором и поверхностью наложения.



1 – чувствительный элемент, 2 – капсула, 3 – корпус, 4 – крышка, 5 – токопроводящий контакт, 6 – крышка, 7 – кнопка, 8 – пружина, 9 – кронштейн, 10 – проводник МГТФ 1.5x0.5

Рисунок 10– Конструкция наносенсора

В конструкции чувствительный элемент (1) komponуется из набора диафрагм; Проводник (МГТФ 1.5x0.5) припаивается к чувствительному элементу. После в капсулу 2 располагается чувствительный элемент, который заливается с помощью силиконового герметика. Проводник 10 выводится через отверстие в корпусе 3 и запрессовывается, при этом отверстие корпуса поз. 3 заливается компаундом (ЭЗК-10 ОСТ 11028.006-74), чтобы обеспечивать защиту от возможного разрыва между проводником и диафрагмой; в отверстие крышки 4 монтируется токопроводящий контакт 5, к которому методом пайки присоединяют проводник 10. Место пайки заливается компаундом. Пружина 8 ставится на крышку 4 и с обратной стороны токопроводящего контакта 5 с помощью проводника МГТФ 1.5x0.5 подпаивают. 10; На крышку 6 устанавливается кнопка 7 и к ней подпаивается проводник МГТФ 1.5x0.5. Далее место припоя фиксируется и компаундом ЭЗК-10 ОСТ 11028.006-74. Вся полученная конструкция помещается в кронштейн 9.

На основе, проведенных в ФБУ «Государственном региональном центре стандартизации, метрологии и испытаний в Томской области», исследований метрологических параметров наносенсоров была выбрана оптимальная технология, обеспечивающая минимальный уровень шумов наносенсоров.

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

4.1. Предпроектный анализ

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Потенциальными потребителями готовой продукции являются различные медицинские организации и научно-исследовательские институты.

4.1.2. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

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 и т.д.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, пример которой приведен в таблице 1. Для этого необходимо отобрать не менее трех-четырех конкурентных товаров и разработок.

Таблица 1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерии	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,07	4	5	3	0,28	0,35	0,21
3. Помехоустойчивость	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
4. Энергоэкономичность	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
5. Надежность	0,06	4	5	3	0,24	0,3	0,18
6. Уровень шума	0,07	5	4	3	0,35	0,28	0,21
7. Безопасность	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
8. Потребность в ресурсах памяти	0,02	5	4	3	0,1	0,08	0,06
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
10. Простота эксплуатации	0,08	4	5	4	0,32	0,4	0,32
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	4	5	4	0,2	0,25	0,2
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,05	5	5	5	0,25	0,25	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
2. Уровень проникновения на рынок	0,01	3	5	4	0,03	0,05	0,04
3. Цена	0,08	5	4	3	0,4	0,32	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15

5. Послепродажное обслуживание	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
6. Финансирование научной разработки	0,01	3	4	4	0,03	0,04	0,04
7. Срок выхода на рынок	0,02	3	5	4	0,06	0,1	0,08
8. Наличие сертификации разработки	0,01	5	5	5	0,05	0,05	0,05
Итого					4,61	4,35	3,34

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения, приведенные в табл. 1, подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

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:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Основываясь на знаниях о конкурентах, следует объяснить:

- чем обусловлена уязвимость позиции конкурентов и возможно занять свою нишу и увеличить определенную долю рынка;
- в чем конкурентное преимущество разработки.

По результатам анализа конкурентных технических решений, представленным в таблице 1, были получены следующие результаты:

–научно-исследовательская разработка

– аналогичное устройство №1

–аналогичное устройство №2

Исходя из данных результатов можно сказать, что данная разработка является конкурентоспособной.

Таким образом, конкурентоспособность научно-исследовательской работы составила 4,87, в то время как двух других аналогов 4,49 и 4,4 соответственно. Результаты показывают, что данная научно-исследовательская работа является конкурентоспособной.

4.1.3. SWOT-анализ

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

Он проводится в несколько этапов.

1. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные стороны – это ресурсы или возможности, которыми располагает руководство проекта и которые могут быть эффективно использованы для достижения поставленных целей. При этом важно рассматривать сильные стороны и с точки зрения руководства проекта, и с точки зрения тех, кто в нем еще задействован.

Слабые стороны. Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей. Это то, что плохо получается в рамках проекта или где он располагает недостаточными возможностями или ресурсами по сравнению с конкурентами.

Возможности включают в себя любую предпочтительную ситуацию в настоящем или будущем, возникающую в условиях окружающей среды проекта.

Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. В качестве угрозы может выступать барьер, ограничение или что-либо еще, что может повлечь за собой проблемы, разрушения, вред или ущерб, наносимый проекту.

В таблице 2 представлен результат первой ступени в матричной форме.

Таблица 2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность исследования. С2. Более низкая стоимость, чем у аналогов С3. Наличие бюджетного финансирования. С4. Экологичность технологии С5. Более высокий спектр предоставляемых возможностей	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Нехватка финансирования на разработку Сл2. Сложное в освоении ПО для разработки Сл3. Из-за закупок комплектующих у зарубежных производителей увеличение на производство
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Повышение стоимости конкурентных разработок		

<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства</p>		
---	--	--

2. Вторым этапом является выявление соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательской работы внешним условиям окружающей среды.

Результаты, представленные в табличной форме, призваны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Каждый символ в таблице обозначает степень соответствия.

Таблица 3 – Интерактивная матрица проекта (1)

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4	С5
	В1	+	0	-	0	+
	В2	-	+	+	0	+
	В3	0	+	+	0	+

Таблица 4 – Интерактивная матрица проекта (2)

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	0	-	0
	В2	-	+	+
	В3	0	+	+

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта (3)

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	+	0	+
	У2	0	0	0	+	+
	У3	0	0	-	+	+
	У4	0	0	+	-	-

Таблица 6 – Интерактивная матрица проекта (4)

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	0	0	-
	У2	+	+	0
	У3	-	+	0
	У4	0	-	+

В результате получаем сильно коррелирующие параметры:

- 1) В1С1С5, В2С2С3С5, В3С2С3С5=> В2В3С2С3С5
- 2) В2Сл2Сл3, В3Сл2Сл3=> В2В3Сл2Сл3
- 3) У1С3С5, У2С4С5, У3С4С5, У4С3=> У2У3С4С5
- 4) У2Сл1Сл2, У3Сл2, У4Сл3=> У2У3Сл2

Исходя из этих данных, получаем наиболее выгодные направления реализации проекта.

3. Составим итоговую матрицу для заключительного третьего этапа, в котором будут описаны основные решения научно-исследовательского проекта.

Таблица 7 – Итоговая матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность исследования.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие компании, способной построить производство исходя из исследования.</p>
--	--	--

	<p>С2. Простота исследования в сравнении с аналогами.</p> <p>С3. Более низкая стоимость.</p> <p>С4. Наличие бюджетного финансирования.</p> <p>С5. Экологичность технологии.</p>	<p>Сл2. Отсутствие некоторого необходимого оборудования для контроля характеристик.</p> <p>Сл3. Большой срок поставок материалов и комплектующих, используемые при проведении научного исследования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новую технологию.</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>В2В3С2С3С5</p>	<p>В2В3Сл2Сл3</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>	<p>У2У3С4С5</p>	<p>У2У3Сл2</p>

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

4.2. План проекта

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ по исследованию осуществляется в следующем порядке:

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

Таблица 8 - Порядок составления этапов и работ

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка задания	1	Составление и утверждение задания	Руководитель, студент
Проведение НИР			
Анализ задачи	2	Составление ТЗ	Руководитель, студент
	3	Выбор моделей и способ анализа	Студент
	4	Календарное планирование	Руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка моделей для исследования	Руководитель, студент
	6	Поиск методов решения	Студент
	7	Реализация моделей	Руководитель, студент-дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов	Руководитель, студент
	9	Оценка эффективности полученные результаты	Руководитель, студент
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Студент

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (6)$$

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

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

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

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

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

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

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

4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (8)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (9)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

Таблица 9 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ								
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{\text{ож}}$, чел-дни		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Составление и утверждение технического задания	1	1	1	5	5	5	1,8	1,8	1,8
Подбор и изучение материалов по теме	14	14	14	21	21	21	9,6	9,6	9,6
Проведение патентных исследований	10	10	10	14	14	14	6,6	6,6	6,6
Выбор направления исследований	4	4	4	7	7	7	3,8	3,8	3,8

Календарное планирование работ по теме	3	3	3	5	5	5	3,8	3,8	3,8
Подготовка образцов для экспериментов	5	5	6	9	9	10	5,2	5,2	6,2
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	7	7	7	14	14	14	6,2	6,2	6,2
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	5	5	5	7	8	8	5,8	6,2	6,2
Оценка эффективности полученных результатов	7	8	8	10	11	11	4,8	5,8	5,8
Определение целесообразности проведения ОКР	5	7	7	7	9	9	5,2	6,2	6,2
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	7	12	15	10	14	21	8,2	11,6	15,6

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу 5.

Таблица 10 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}			Длительность работ в календарных днях, T_{ki}		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Составление и утверждение технического задания	2	2	2	3	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	10	10	10	14	14	14
Проведение патентных исследований	7	7	7	10	10	10
Выбор направления исследований	4	4	4	6	6	6
Календарное планирование работ по теме	4	4	4	6	6	6

Подготовка образцов для экспериментов	5	5	6	8	8	9
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	6	6	6	9	9	9
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	6	6	6	9	9	9
Оценка эффективности полученных результатов	5	6	6	7	9	9
Определение целесообразности проведения ОКР	5	6	6	8	9	9
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	8	12	16	12	17	23

На основе таблицы 5 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе таблицы 9 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования.

При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 11 – Календарный план график проведения НИР по теме

Вид работ	Исп	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
			февр		март			апрель			май			июнь			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2		
Составление и утверждение технического задания	Р	3	■														
Подбор и изучение материалов по теме	Д	14		■													
Проведение патентных исследований	Д	10			■												
Выбор направления исследований	Р	6				■											
Календарное планирование работ по теме	Р	6					■										
Подготовка образцов для экспериментов	Д	9						■									

4.3.1. Расчет материальных затрат НИИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;
- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

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

(10)

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 6.

Таблица 12 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы(Z_m), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
0805 10% 50 кОм	шт.	8	8	8	0,9	1	1,1	8,64	9,6	10,56
0805 10% 150 кОм	шт.	8	8	8	0,9	1	1,1	8,64	9,6	10,56
0805 10% 500 кОм	шт.	8	8	8	0,9	1	1,1	8,64	9,6	10,56
0805 10% 200 кОм	шт.	32	32	32	0,9	1	1,1	34,56	38,4	42,24
0805 GRM40- Y5V-10мкф- 25 В -20-80%	шт.	16	16	16	1	1	1,1	19,2	19,2	21,12
0805 CL21- Y5V- 0,47мкф-50 В -20-80%	шт.	8	8	8	1	1	1,1	9,6	9,6	10,56
0805 GRM40-X7R- 4,7мкф-16 В 10%	шт.	48	48	48	1	1	1,1	57,6	57,6	63,36

0805 10% 27 кОм	шт.	32	32	32	0,9	1	1,1	34,56	38,4	42,24
0805 10% 6,2 кОм	шт.	24	24	24	0,9	1	1,1	25,92	28,8	31,68
0805 10% 100 кОм	шт.	48	48	48	0,9	1	1,1	51,84	57,6	63,36
0805 10% 2,2 кОм	шт.	32	32	32	0,9	1	1,1	34,56	38,4	42,24
0805 10% 51 Ом	шт.	24	24	24	0,9	1	1,1	25,92	28,8	31,68
0805 10% 10 кОм	шт.	88	88	88	0,9	1	1,1	95,04	105,6	116,16
0805 10% 91 кОм	шт.	24	24	24	0,9	1	1,1	25,92	28,8	31,68
0805 10% 6,8 кОм	шт.	8	8	8	0,9	1	1,1	8,64	9,6	10,56
0805 10% 8,2 кОм	шт.	8	8	8	0,9	1	1,1	8,64	9,6	10,56
0805 10% 20 кОм	шт.	8	8	8	0,9	1	1,1	8,64	9,6	10,56
0805 10% 1 мкф	шт.	104	104	104	1	1	1,1	124,8	124,8	137,28
BAV199 SOT23	шт.	96	96	96	3	3,2	3,3	345,6	368,64	380,16
AD8220ARM Z MSOP-8	шт.	24	24	24	320	325	340	9216	9360	9792
AD822ARZ SOIC-8	шт.	24	24	24	280	285	300	8064	8208	8640
DAC7513N/2 50 SOT23-8	шт.	24	24	24	610	620	625	17568	17856	18000
IDC 20 MS	шт.	32	32	32	10	12	13	384	460,8	499,2
ADUM4160	шт.	8	8	8	510	530	540	4896	5088	5184
Итого								81770, 88	84191,04	86737,92

Из затрат на материальные ресурсы, включаемых в себестоимость продукции, исключается стоимость возвратных отходов.

Под возвратными отходами производства понимаются остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, теплоносителей и других видов материальных ресурсов, образовавшиеся в процессе производства научно-технической продукции, утратившие полностью или частично потребительские качества исходного ресурса (химические или физические свойства) и в силу этого используемые с повышенными затратами (понижением выхода продукции) или вовсе не используемые по прямому назначению.

4.3.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

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

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 7. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НИИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 13 – Расчет бюджета затрат на приобретение оборудования для научных работ.

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Персональный компьютер	1	1	1	5000 00	7000 0	12000 0	60	84	144
ЭЭГ-шлем	1	1	1	3000	3500	4000	3,6	4,2	4,8
Гель для ЭЭГ	1	1	1	90	100	120	0,11	0, 12	0,15
Итого							63,71	88.32	148.95

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15 процентов от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НИИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

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

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

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

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = T_p \cdot Z_{дн} , \quad (12)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. ;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}}, \quad (13)$$

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

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

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

Таблица 14 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные - праздничные	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	32	32
Действительный годовой фонд рабочего времени	215	215

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}, \quad (14)$$

где $Z_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $Z_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата $Z_{\text{тс}}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{\text{с1}} = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{\text{т}}$ и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в табл. 10.

Таблица 15 - Расчет основной заработной платы

Исполнители	З _{тс} , тыс. руб.	к _{пр}	к _д	к _р	З _м , тыс. руб.	З _{дн} , тыс. руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , тыс. руб.	З _{доп} , тыс. руб.
Руководитель	26,3	0,3	0,5	1,3	61,542	2,977	28	83,354	10,002
Студент	2,41	0,3	0,5	1,3	5,639	0,273	104	28,392	3,407
Итого З _{осн}								111,724	13,409

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

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор (см. «Положение об оплате труда», приведенное на интернет-странице Планово-финансового отдела ТПУ).

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}$$

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

4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников. Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}), \quad (15)$$

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

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

Таблица 16 - Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	З _{осн} , тыс. руб.	З _{доп} , тыс. руб.	к _{внеб} , %	З _{внеб} , тыс. руб.
Руководитель	83,354	10,002	0,271	25,299
Студент	28,392	3,407	0,271	8,617
Итого З _{осн}				33,916

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ

1. Кузьмин А. С. Анализ методов исследования мозга человека в расширенном диапазоне частот / А. С. Кузьмин ; науч. рук. Д. К. Авдеева // Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее : сборник научных трудов VI Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых, 9 -14 октября 2017 г., г. Томск. — Томск : Изд-во ТПУ, 2017. — [С. 42].
2. Кузьмин А.С., Нгуен Данг Куанг, Турушев Н.В., Авдеева Д.К.. Разработка электроэнцефалографического комплекса на наносенсорах для исследования мозга человека в расширенном диапазоне частот. // Международная научно-техническая конференция "Измерение, контроль, информатизация": Сборник материалов конференции ИКИ-2018, 25 мая 2018, г. Барнаул. URL: <http://mca.altstu.ru/index.php?ml=0>