

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки Биотехнические системы и технологии
Кафедра Промышленной и медицинской электроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка нейроуправляемого интерфейса технических устройств

УДК 681.5:004.451.86

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д21	Топоев Артём Борисович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Томск – 2016 г.

ЗАПЛАНИРОВАННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ПРОГРАММЕ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте биомедицинской и экологической техники	Требования ФГОС (ОПК1, ОПК2) ¹ , Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей	Требования ФГОС (ОПК3, ОК4, ОК5), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Выбирать и использовать на основе базовых и специальных знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности с учетом экономических, экологических, социальных и иных ограничений	Требования ФГОС (ОПК7, ОПК9, ПК6). Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной биомедицинской и экологической техники с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС (ОПК4, ОПК6, ПК7), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Проводить комплексные инженерные исследования, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных с применением базовых и специальных знаний и современных методов для достижения требуемых результатов	Требования ФГОС (ОПК5, ПК1, ПК2, ПК3). Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере биотехнических систем и технологий, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС (ОПК8, ОПК10), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
Универсальные компетенции		
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОК3, ОК4). Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов	Требования ФГОС (ОК6), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с

¹ Указаны коды компетенций по ФГОС ВО (направление 12.03.04 – Биотехнические системы и технологии), утвержденному Приказом Министерства образования и науки РФ от 15.03.2015г.

	различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач	требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК1, ОК2), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности	Требования ФГОС (ОК9,ПК8), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК7, ОК8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) Биотехнические системы и технологии
Кафедра промышленной и медицинской электроники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. Кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Д21	Топоев Артём Борисович

Тема работы:

Разработка нейрорегулируемого интерфейса технических устройств
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Нейрорегулируемый интерфейс технических устройств предназначен для обмена информацией между мозгом и электронным устройством (например, компьютером).
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Для проектирования прибора следует изучить ГОСТ Р 50267.0-92 (МЭК 601-1-88), ГОСТ Р 50444-92, ГОСТ Р 15.013-94, ГОСТ Р 50326-92 (МЭК 513-76)
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант

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

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д21	Топоев Артём Борисович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 80 с., 10 рис., 14 табл., 15 источников, 3 прил.

Ключевые слова: нейрокомпьютерный интерфейс, электроэнцефалография.

Объектом исследования является (ются) нейрокомпьютерный интерфейс.

Цель работы – разработка прототипа нейрокомпьютерного интерфейса

В процессе исследования проводились изучение зарубежной литературы по заданной теме, создание схемы данного устройства, реализация данного устройства на основе соответствующей элементной базы.

В результате исследования было проведено моделирование характеристик схемы, начальный этап сборки устройства.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: __малые размеры и мобильность устройства, высокая скорость обработки входного сигнала, малая себестоимость.

Степень внедрения: прототип на этапе разработки

Область применения: медицина, в качестве помощи людям с нарушениями функционирования опорно-двигательного аппарата.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в относительно малой себестоимости проекта, а также в снижении затрат на уход на парализованными людьми.

В будущем планируется доработать прототип устройства, провести его сертификацию.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Нейроуправляемый интерфейс (Brain Computer Interface – BCI) – это система, созданная для обмена информацией между мозгом и электронным устройством (например, компьютером). В однонаправленных интерфейсах внешние устройства могут либо принимать сигналы от мозга, либо посылать ему сигналы (например, имитируя сетчатку глаза при восстановлении зрения электронным имплантатом). Двухнаправленные интерфейсы позволяют мозгу и внешним устройствам обмениваться информацией в обоих направлениях. В основе нейро-компьютерного интерфейса, часто используется метод биологической обратной связи.

НКИ – нейрокомпьютерный интерфейс

Оглавление

Введение.....	9
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.....	11
1.2 Нейрокомпьютерный интерфейс на основе ЭЭГ	13
1.2 Нейрокомпьютерный интерфейс для неврологической реабилитации ..	23
1.3 Разработка мобильного НКИ на основе умного мультимедийного контроллера	27
Вывод	35
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	36
3. РАСЧЁТЫ И АНАЛИТИКА	38
4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЁННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ.....	41
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	43
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	45
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	45
5.1.2 SWOT-анализ	47
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	48
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	48
5.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ	49
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	50
5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	53
5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования..	58
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	61
6.1 Производственная безопасность	64
6.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов (производственная санитария)	64
6.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	66
6.2.1 Пожарная и взрывная безопасность	66
6.2.2 Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях.....	70
6.3 Экологическая безопасность	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	73
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	74
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	76
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	80

ВВЕДЕНИЕ

Мы живем в эру открытий, инноваций и повсеместного развития технологий. Создаём всё более быстрые самолёты, отправляем спутники в те уголки вселенной, что были вне нашей досягаемости ещё пару десятков лет назад. Мы изучаем звёзды в поисках новых миров, пригодных для жизни. Мы улучшаем качество жизни вокруг начиная от медицины и заканчивая лишь границами собственного сознания. Мы создали электромобили, интернет, очки виртуальной реальности, транспорт на магнитной подушке и многие открытия и инновации ждут нас ещё впереди. Это сделали мы, люди, человечество. И я уверен, многое ещё предстоит сделать.

Давайте подумаем, какие этапы предшествуют созданию новой технологии. Испытания прототипа новой технологии. До испытаний идёт проектирование технологии: эскизное проектирование, технологическое проектирование, рабочее проектирование и др. Много всего. Но, что, же скрывается в самом начале? Что является первоначальным импульсом, первоначальным сигналом, который активирует процессы нашего мышления и творчества, переключает тумблер и говорит нам, что мы можем это сделать, и мы узнаем, как это сделать? Идея! Самая, что ни на есть простейшая идея, которая как паразит внедряется в ваш мозг, развивается там и подталкивает вас к действию, подталкивает вас к созиданию, подталкивает вас к развитию и созданию лучшего, более светлого будущего для всех нас.

Но так ли всё просто? Неужели в самом начале стоит идея и всё. А откуда взялась идея? Ответом на этот вопрос является самая мощная сила во всём мире, сила которая привела нас на данный этап развития. Это мышление! Мышление, в свою очередь, является продуктом главного органа человека – мозга! Именно человеческий мозг привёл нас в золотую эру инноваций, именно он создал все технологии, что окружают нас каждый день, что изучают далекие звезды, лечат людей и многое другое.

В данной выпускной квалификационной работе мы постараемся стереть границу между мозгом и технологиями. Мы постараемся создать не просто устройство взаимодействия между мозгом и технологией, а обеспечить неразрывную связь между ними. Речь идёт о нейроуправляемом интерфейсе технических устройств.

Поясним, что же такое нейроуправляемый интерфейс.

Нейроуправляемый интерфейс (Brain Computer Interface – BCI) – это система, созданная для обмена информацией между мозгом и электронным устройством (например, компьютером). В однонаправленных интерфейсах внешние устройства могут либо принимать сигналы от мозга, либо посылать ему сигналы (например, имитируя сетчатку глаза при восстановлении зрения электронным имплантатом). Двухнаправленные интерфейсы позволяют мозгу и внешним устройствам обмениваться информацией в обоих направлениях. В основе нейро-компьютерного интерфейса, часто используется метод биологической обратной связи.

Возможно, вам не до конца понятна идея данной технологии. В следующем разделе «Обзор литературы» мы рассмотрим данный вопрос с двух позиций: принципы работы и построения мозга, а также техническая составляющая разработки.

1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Мозг — источник созидания, главная сила, что веками двигает человечество вперёд. Каким образом? Что такого особенного скрывает мозг? Как он работает? И главный вопрос: как с помощью мозга, с помощью силы мысли начать управлять технологическим миром вокруг нас?

Сейчас мы постараемся ответить на все эти вопросы.

1.1 Мозг

Мозг — центральный отдел нервной системы, обычно расположенный в головном (переднем) отделе тела и представляющий собой компактное скопление нервных клеток и их отростков. Вполне себе стандартное определение. Однако мы рассмотрим мозг не с анатомической точки зрения, а с нейрофизиологической.

Нейрофизиология — раздел физиологии человека, изучающий функциональную составляющую нервной системы и нейронов. Именно за счёт нейронов мозг может обрабатывать и передавать информацию через электрические и химические сигналы. В свою очередь, нас интересуют электрические сигналы мозга.

Множество исследований указывают на то, что электрические биопотенциалы отдельно взятых нейронов головного мозга связаны тесной и достаточно точной количественной зависимостью с информационными процессами. Для того чтобы нейрон, передающий сообщение другим нейронам, был способен сгенерировать потенциал действия, необходимо, чтобы величина его собственного возбуждения достигла определённой пороговой величины. В свою очередь, уровень возбуждения нейрона определяется, как сумма возбуждающих и тормозных воздействий, действующих на нейрон через синапсы в данный момент. В том случае, если сумма возбуждающих воздействий больше суммы тормозных на величину, превышающую пороговый уровень, нейрон генерирует нервный импульс,

который затем распространяется по аксону. Таким образом, данным процессам возбуждения нейронов и его отростков соответствуют электрические потенциалы, обладающие определенной формой. [1].

Оболочка нейрона представляет собой мембрану, которая обладает определённым электрическим сопротивлением. Концентрация положительных зарядов (ионов) с наружной стороны мембраны больше, чем с внутренней стороны. В результате возникает разность потенциалов, которую с помощью введения микроэлектрода внутрь клетки можно измерить. При этом второй микроэлектрод будет регистрировать потенциал экстраклеточно. Таким образом, будет проводиться измерение потенциала покоя нервной клетки, который составляет порядка 60-70 мВ. Также стоит иметь в виду, что внутренняя сторона мембраны заряжена отрицательно относительно наружной. Наличие данной разности потенциалов называют поляризацией мембраны нейрона. Соответственно, уменьшение разности потенциалов называется деполяризацией, а увеличение – гиперполяризацией. [1]

Потенциал покоя, в свою очередь, представляет собой исходный уровень, на котором и происходят изменения, возникающие при процессах торможения или возбуждения.

Таким образом, электрическая активность нервных клеток, связанная с процессами возбуждения и торможения при обработке и передаче информации отражает функциональную активность всего мозга в целом. [1].

Что же отвечает за возбуждение нейронов и начало передачи и обработки информации? Потенциал действия. Длительность данного процесса мала и составляет всего 1 мс. Однако, даже столь малого отрезка времени ему достаточно, чтобы сыграть роль основного механизма, с помощью которого аксоны нейронов передают информацию на значительные расстояния.

Итак, каким же образом происходит распространение импульса по нервному волокну? Потенциал действия, возникающий в определенном

месте нервного волокна, проводит деполяризацию соседних участков и без существенного изменения величины нервного импульса распространяется по нервному волокну, используя для этого энергию самих клеток. Таким образом, согласно теории распространения нервных импульсов основным фактором, обеспечивающим распространение нервных импульсов, является деполяризация локальных токов. У человека информация способна передаваться на значительные расстояния за счёт длины аксона, достигающей одного метра.

Из вышесказанного следует, что мозг представляет собой активность огромного числа генераторов, которые, в свою очередь, создают неоднородно распределённые в пространстве мозговых структур поля, которые имеют динамический характер (т. е. изменяются со временем). Таким образом, при регистрации биосигналов с двух разных точек поверхности головы получим переменные разности потенциалов.

Регистрация таких потенциалов проводится за счёт широко известного в медицине метода электроэнцефалографии (ЭЭГ), который активно используется в разработке нейрокомпьютерного интерфейса, а также является неотъемлемой его частью.

1.2 Нейрокомпьютерный интерфейс на основе ЭЭГ

На данный момент были проведено великое множество исследований на тему взаимодействия человека с окружением и управлением им. Однако, лишь небольшая часть этих исследований фокусирует внимание на взаимодействии и управлении различными аспектами окружения посредством непосредственного психологического состояния человека. Многие исследования предлагали построить систему контроля состояния окружающей среды на основе нейрокомпьютерного интерфейса (НКИ). Однако, каждое из этих исследований сталкивалось с одной и той же проблемой - ослабления сигнала, регистрируемого обычными влажными электродами. В современных НКИ используются сухие электроды на основе

микроэлектромеханических систем. Исследования показывают, что автоуправляемая система контроля бытовых условий, например, скорость кондиционирования или освещение в помещении зависит от изменений физиологического состояния пользователя даже в условиях долгосрочного применения данной технологии.

Данная система состоит из пяти основных частей:

- Беспроводной портативный ЭЭГ;
- Интерактивное управление потоком данных с обработкой информации физиологического состояния в реальном времени на основе двухъядерного процессора;
- Прибор управления окружением;
- Операционная система для хранения данных;
- Дисплей.

Опыты показывают, что данная система в режиме реального времени может изменять параметры окружения, такие как, скорость кондиционирования и освещения помещения в зависимости от изменений физиологического состояния человека.

Всемирная организация здравоохранения сообщает, что к 2025 году численность людей возрастом выше 60 лет будет составлять 1.2 миллиарда человек. План экономического развития за 2004 год сообщал, что к 2011 году численность людей старше 65 лет будет составлять 10% от всего населения планеты, причём 43% от данного числа приходится на людей старше 75 лет. С одной стороны увеличение средней продолжительности жизни можно рассматривать как успех развития медицины, но с другой стороны число старого и очень старого населения быстро растёт, что в свою очередь, несёт определенный вызов для всех нас с точки зрения стоимости здравоохранения.

Кроме того, взаимосвязь между затратами на здравоохранение и национальной экономикой бесспорна и неотделима.

На данный момент были предложены множество вариаций систем управления окружением. Стоит отметить технологии радиочастотной идентификации (ТРИ) и технологии голосовой идентификации. Так, уже сегодня существуют умные дома, инфраструктурой которых можно управлять посредством голосовых команд. Также существуют разработки автоматического конфигурирования аппаратных средств, предназначенные для обеспечения услуг беспроводной домашней сети с использованием личного цифрового помощника, мобильного телефона или любого другого пригодного прибора. С помощью данной технологии пользователи могли отослать запросы на обслуживание через домашний сервер, используя пользовательский интерфейс или заранее записанные голосовые команды.

Однако, лишь немногие исследование сосредоточили своё внимание на управлении окружением при помощи психологического состояния человека. Основное преимущество таких систем состоит в том, что они способны работать с людьми, имеющими ограниченные возможности. Например, люди с нарушениями голоса или зрения, или те, кто не в состоянии самостоятельно передвигаться. Для управления электрическим аппаратом было использовано быстрое преобразование Фурье.

Эдлинджер и др. [2] разработали портативный карманный компьютерный НКИ. Вичерч и др. [3] разработали беспроводную систему ЭЭГ, предназначенную для контроля пациентов с абсансной эпилепсией. Такая система мониторинга использовалась для того, чтобы позволить врачу контролировать физиологические сигналы пациентов. Для беспроводной передачи используется Bluetooth.

Таким образом, беспроводная обработка сигналов в режиме реального времени востребована в направлении развития диагностирования и создания систем по уходу за больными. Такая популярность связана с оптимальным соотношением обеспечения качества здравоохранения и себестоимости аппарата НКИ. Однако, данные аппараты сталкиваются с проблемой качества регистрируемого сигнала для долгосрочного

физиологического контроля. В основном для регистрации сигналов мозга используются обычные электроды для ЭЭГ. Они имеют ряд недостатков. Такие как, ухудшение проводимости геля, который также неудобен для долгосрочного использования. Отсюда следует, что перед разработчиками стоит задача создания аппарата НКИ на основе ЭЭГ пригодного для долгосрочного использования. [4].

Для решения данной проблемы используют сухие электроды, способные регистрировать сигналы ЭЭГ в режиме реального времени. Для таких электродов не требуется проводящая паста. Эксперименты показали, что сухие электроды на основе микроэлектромеханической системы обладают низким импедансом контакта.

Таким образом, используя данные технические решения, и планируется создать аппарат НКИ на основе ЭЭГ для управления окружения, например, яркость света в комнате, скорость кондиционирования помещения, которая будет меняться в зависимости от изменений физиологического состояния человека при повседневном использовании данной технологии.

Структурная схема системы

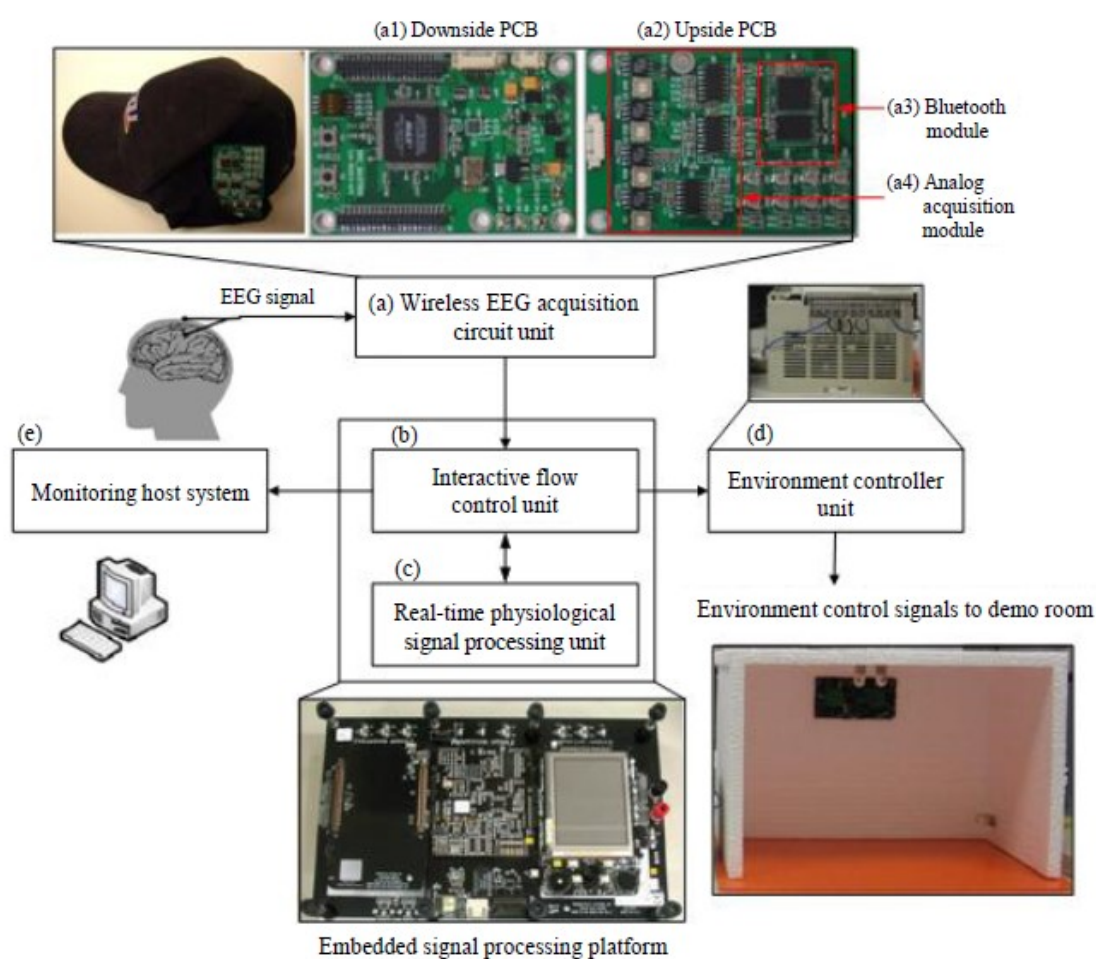
Для обеспечения беспроводного обмена данными используется Bluetooth. Это связано с тем, что данная спецификация беспроводных персональных сетей поддерживается многими электронными устройствами и, что самое главное, удовлетворяет частотным требованиям применимости на территории больницы. Кроме того, анализ независимых компонент позволяет удалить различные типы неизбежных артефактов ЭЭГ.

На рисунке 1 изображена блок-схема нейрокомпьютерного интерфейса на основе ЭЭГ [4], предназначенная для управления бытовым окружением, и включает в себя пять частей:

- A) Wireless EEG acquisition circuit unit (Беспроводная система ЭЭГ):
 - A1) Downside PCB (Обратная сторона печатной платы)
 - A2) Upside PCB (Верхняя сторона печатной платы)

- B) Interactive flow control unit (Интерактивное управление потоком данных)
- C) Real-time physiological signal processing unit (Обработка физиологического сигнала в режиме реального времени)
- D) Environment controller unit (Система управления окружением)
- E) Monitoring host system, data storage and status watchdog (Мониторинг операционной системой, хранение данных и статус безопасности)

Рисунок 1. Блок-схема нейрокомпьютерного интерфейса на основе ЭЭГ



Модуль сложной программируемой интегральной схемы, разработанный для управлением потоком данных между АЦП и беспроводным модулем, и находится на обратной стороне печатной платы, в то время, как аналоговый регистрирующий блок и модуль Bluetooth интегрированы на верхней стороне печатной платы.

Новый модуль датчиков может обеспечить обработку биомедицинских сигналов по 4 каналам, усиление, контроль потоком данных и беспроводную передачу функции. В данном исследовании используется беспроводной модуль передачи данных RF3100. Размер модуля датчиков составляет 4.5 см × 6.5 см. Вес модуля с учётом литий-ионного аккумулятора составляет меньше 39 грамм. Модуль датчиков (включая обработку сигнала, усиление и беспроводную систему) был спроектирован таким образом, чтобы работать с силой тока равной 400 мА и напряжением 3.7 В.

Источник питания постоянного тока и его потребление энергии составляет приблизительно 1.11 Вт.

Модуль может непрерывно работать на протяжении 45 часов без подзарядки за счёт литий-ионной батареи ёмкостью 16000 мА/ч. [4]

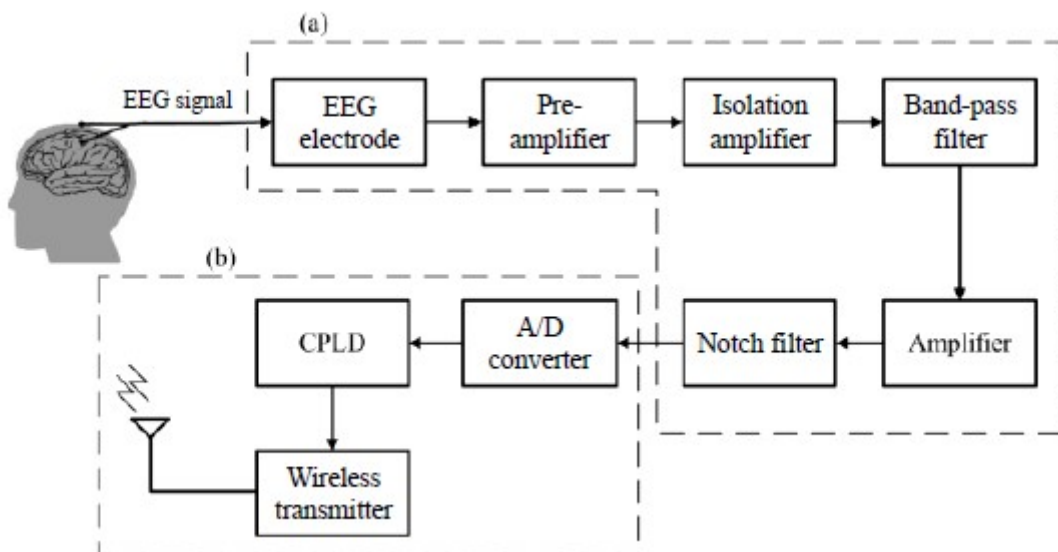
Система беспроводного ЭЭГ

На рисунке 2 изображена детальная структура беспроводного ЭЭГ [4], который состоит из двух основных модулей:

А) Часть обработки усиления сигнала, включающая ЭЭГ датчики обработки сигнала на основе микроэлектромеханической системы, усилитель и фильтры.

В) Часть беспроводной передачи данных, которая включает АЦП и сложную программируемую логическую интегральную схему (СПЛИС), который разработан для управления потоком данных и обменом данных между АЦП и беспроводным модулем передачи данных.

Рисунок 2. Архитектура беспроводного ЭЭГ.



Обработка и усиление сигнала

Известно, что амплитуда регистрируемых потенциалов с поверхности головы достаточно мала. В пределах 1-150 мкВ. Но и это ещё не всё. Также данный сигнал очень чувствителен к шумам. Усиленная чувствительность самой технологии, высокое значение соотношения полезного сигнала и шума, а также достаточный коэффициент фильтрации и усиления являются несравнимо важными параметрами для обеспечения надлежащей обработки регистрируемого сигнала.

В исследованиях J. C. Chiou, C. T. Lin и др. [5, 6] для регистрации сигналов используются сухие электроды, которые крепятся на лобную область головы пациента для дальнейшей обработки сигнала ЭЭГ. Использование данных электродов обусловлено тем, что они не требуют использования контактирующего электролитического геля, а также способны обеспечить долгосрочную регистрацию сигналов.

После получения и усиления сигнала происходит его последующая фильтрация от артефактов, как показано на рисунке 2 (А).

Часть схемы, отвечающая за усиление сигнала ЭЭГ, состоит из следующих частей [4]:

- дифференциальный предусилитель с коэффициентом усиления равным 99;

- развязывающий усилитель для защиты пациента;
- полосовой фильтр, составленный из фильтра нижних и фильтра верхних частот (диапазон полосы пропускания 1-100 Гц);
- дифференциальный усилитель с коэффициентом усиления равным 51;
- режекторный фильтр для устранения шумов от питающей сети.

Модуль датчиков работает от источника питания напряжением 3.7 В.

На рисунке 2 (В) показана структурная схема беспроводной передачи данных [4, с.9], которая включает в себя:

- 8-ми битный АЦП (параллельный вывод, частота дискретизации = 768 Гц, AD-7575, Analog Device, Inc.);
- СПЛИС (ALTERA FLEX10K EPM 7128STC100-7);
- Модуль беспроводной передачи.

Предварительно обработанные аналоговые сигналы ЭЭГ после режекторного фильтра на 60 Гц преобразовываются в цифровой код и затем передаются через модуль беспроводной связи. СПЛИС разработан для управления АЦП и кодирования данных для передачи через модули беспроводной связи. Имеются два различных подхода для передачи кодированной информации: RF3100/RF3105 (Ancher Technology, Inc.) и Bluetooth. Скорость передачи данных составляет 19200 бит/сек. Передача сигнала обеспечивается по 4 каналам.

Обработка сигнала в режиме реального времени

Сигналы ЭЭГ получают на высокой частоте дискретизации для сохранения исходного качества сигнала настолько, насколько это возможно для оценки физиологического состояния. Поэтому, в целях снижения вычислительной нагрузки в ЭЭГ применяется процесс понижающей дискретизации до 64 Гц. Такой частоты дискретизации достаточно для снятия ЭЭГ сигналов. [4]

В чём же всё-таки заключается процедура обработки сигнала ЭЭГ в режиме реального времени? В первую очередь, полученные сигналы ЭЭГ проходят процесс понижающей дискретизации (субдискретизации) до 64 Гц. Как говорилось ранее, субдискретизация проводится для снижения нагрузки на встроенную систему вычислений. Спустя первые 5 секунд (при данной частоте дискретизации 320 пунктов) собирается данные о сигналах ЭЭГ и дальше через каждые 2 секунды (128 пунктов) обновляется информация, поступающая на вход встроенного обработчика сигналов. Оконное преобразование Фурье используется для извлечения частотно-временных характеристик отобранных независимых компонент.

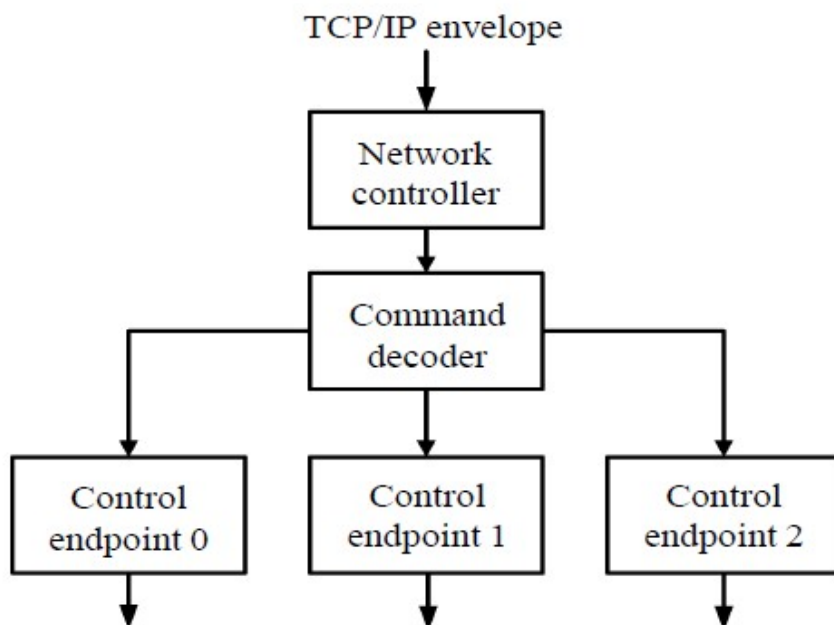
Система управления окружением

На рисунке 3 изображена детальная архитектура системы управления окружением [4]. Данная система состоит из контроллера сети, дешифратора команд и системы управления контрольной точкой. Предусмотрены только три определенных физиологических состояния, таких как настороженность, небольшая сонливость и максимальная сонливость. Передача производится от ОМАР1510 к системе управления окружением с протоколом TCP/IP.

При обнаружении определенного физиологического состояния контроллером сети, дешифратор команд может запустить различные конечные точки для отсылки соответствующих электрических сигналов в демонстрационную комнату. Алгоритм управления для каждой контролируемой конечной точки обозначена как:

1. при состоянии настороженности: СЕР0 (основная лампа) включена, СЕР1 (ночная лампа) отключена, СЕР2 (скорость вентилятора) максимальна;
2. при состоянии небольшой сонливости: СЕР0 светит с половинной интенсивностью, СЕР1 отключена, СЕР2 средняя;
3. при состоянии максимальной сонливости: СЕР0 отключена, СЕР1 включена, СЕР2 медленная.

Рисунок 3. Структурная схема управления окружением.



Платформа операционной системы мониторинга

Платформа ОС мониторинга имеет 2 функции [4]:

1. Хранение данных;
2. Обеспечение процесса цифровой обработки сигнала на платформе uClinux OS.

Размер данных непрерывных записей ЭЭГ превышает ёмкость встроенной системы памяти. Поэтому обычно реализуются сетевая файловая система для сохранения данных сигналов ЭЭГ. Кроме того используется графический пользовательский интерфейс для отображения информации о биомедицинских сигналах для мониторинга. Связь между ОС и встроенной системой обработки сигналов осуществляется через протокол TCP/IP.

1.2 Нейрокомпьютерный интерфейс для неврологической реабилитации

Нейрокомпьютерный интерфейс может использоваться в качестве метода реабилитации парализованных пациентов, которые стремятся повысить уровень собственной жизни с помощью взаимодействий и контроля окружения, а также ухода за собой. Нейробиологическая реабилитация и управление ИМК зависят от изучения улучшения эффективности сохранения нейронных ансамблей, которые обеспечивают управление движением, чувствами и сознанием через прогрессирующее применение обратной связи и системы поощрений. Для обслуживания пациентов система ИМК должна стать безопасной, надёжной, иметь приятный внешний вид, быть быстродействующей с минимальным постоянным техническим обеспечением и очень точной, даже при наличии воздействующих отвлекающих внимание факторов и непредсказуемого окружения вне лабораторных условий. [7].

Если ИМК технология станет гибкой и доступной в использовании за счёт волевого управления корковых сигналов, то её можно будет использовать для реабилитации моторных и когнитивных нарушений при гемиплегии или параплегии пациентов за счёт использования обратной связи в режиме онлайн, характеризующей корковую активность, связанную с умственной деятельностью, моторными усилиями и другими нейронными действиями в течение прогрессивной практики.

Неврологическая реабилитация стремится к снижению физических и когнитивных нарушений (например, повреждение верхних конечностей после удара) и связанные с этим нарушения (например, трудности управления рукой при взаимодействии с предметами), а также увеличить независимость таких пациентов в ежедневном уходе за собой и других действиях, в том числе, улучшения качества жизни (КЖ), связанного с их здоровьем. Обучение навыкам после травмы головного или спинного мозга и других болезней сохраняя нейронные сети для движения, чувств, восприятия, памяти, планирования, мотивации, поощрения, речи и других аспектов

мышления. Суть терапии заключается в прогрессивной практике подзадач и более полных намеченных целей, используя физические и когнитивные сигналы с обратной связью о работе и результатах. У пациентов должен быть некоторый доступ к сознательному движению за счёт двигательных вмешательств. [7].

Как показывают данные функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ), транскраниальной магнитной стимуляции и других методов, может развиваться локальная адаптация мозга, вследствие, успешных реабилитационных мероприятий, которые оптимизируют параметры для сознательных действий (Добкин и др. 2004; Коский и др. 2004; Weiskopf и др. 2004; Добкин, 2005b; Винчестер и др. 2005; Донг и др. 2006).

Системы НКИ представляют собой устройства реабилитации во всех отношениях. Некоторые тренировки нацелены на достижение управления компьютерным курсором силой мысли для обеспечения связи и других функций, которые снизят уровень нетрудоспособности и увеличат уровень качества жизни, связанный со здоровьем.

Для обеспечения надлежащего действия технологии ИМК требуется, чтобы пациенты обучались управлению сохраненными после повреждений электрическими потенциалами, такими как мю-ритм (роландический ритм), зарегистрированный от скальпа или корковой поверхности. [8].

Внутрикорковые операции через множество мультиэлектродов расшифровывают активность импульсов от небольшого количества нейронов в основной двигательной зоне коры головного мозга (M1) или других областях.

Успешное применение НКИ технологии зависит от объединения сигналов и обратной связи во время обучения и практики, также хорошо, как математический алгоритм преобразования нервной деятельности, особенно от внутрикорковых импульсов, в сигнал контроля. Например, саморегуляция корковых медленных потенциалов (SCPs) может зависеть от изученного регулирования кортико-стриальной таламической петли, которая модулирует

локальные пороги возбуждения корковых объединений (Hinterberger и др. 2005). [9].

Нарушение функций

Кандидаты для практического применения ИМК обычно не имеют других способов управления компьютерным интерфейсом, кроме как, включения микропереключателя за счёт минимального усилия движений глаз. Самый типичный пациент обычно находится в состоянии псевдокомы. Эти люди бодрствуют и осознают всё, что происходит вокруг, но они не способны к воспроизведению речи, движению конечностей или лицевым движениям. Наиболее распространенными причинами являются острое брюшное понтотомедулярное повреждение и поздняя стадия амиотрофического отщепления склероза. Другие диагнозы пациентов, связанные с минимальной или вообще отсутствующей двигательной функцией, включают в себя энцефалит ствола мозга, церебральный паралич с двигательными расстройствами или травматическое повреждение головного мозга с распространяющимся аксональным повреждением белого вещества мозга. [7]

Аппаратура

Прогресс в обнаружении, контроле и анализе мозговых сигналов открывает путь к надежным устройствам, которые могут снизить уровень нетрудоспособности пациентов.

Коммуникация - возможно, самая важная часть технологии НКИ для пациента, семьи и сиделок, когда отсутствуют какие-либо иные способы взаимодействия. Даже простые взаимодействия, для удовлетворения известных потребностей. Например, ответить на вопросы типа «да» или «нет» или выбрать среди небольшого перечня вариантов, тем самым интегрируя изолированного пациента с другими.

Уже существуют системы связи, использующие микропереключатели для выбора символов и слов, чтобы написать текст и обратный ему процесс

синтетической речи. Другие существующие системы могут использоваться для управления окружения, регулируя приборы, изменяя положение тела в электроприводной кровати или инвалидном кресле для комфорта и уменьшения шанса появления пролежня и приведения в действие инвалидного кресла. Социализация, образование, развлечение и даже группы поддержки - выполнимое использование взаимодействия НКИ с Интернетом для электронной почты, чатов, игр, фильмов и музыки. Взаимодействие с виртуальным окружением откроют возможности для путешествий и развлечений в ближайшем будущем. [10].

Пациенты, которые могут сформулировать и командовать движениями, но делать это не физически, а мысленно могли бы извлечь пользу из НКИ. Неинвазивные и инвазивные системы НКИ способны использовать корковые сигналы для управления роботизированной рукой, или экзоскелетом для руки пациента, чтобы обеспечить функциональные действия в пространстве. Хотя понятие управления роботизированной рукой для обеспечения помощи ухода за собой захватывает с точки зрения нейробиологии и разработки, сложность поставленной цели будет заключаться в рентабельности роботизированной руки, которая выполняет достаточно действий, чтобы уменьшить бремя сиделки.

Для пациентов с исправными нижними мотонейронами и функцией периферического нерва, корковые команды НКИ могут также управлять нейромускульной системой стимуляции для движений верхней конечности для досягаемости и зажатия, чтобы позволить больше ухода за собой. И управляемый приводом головок и нейромускульные системы стимуляции могут также быть разработаны, чтобы позволить пациентам стоять и ходить.

Простота связи и контроля необходима, если системы ИМК должны выполнять многоцелевые задачи в повседневных потребностях людей с ограниченными возможностями. В конечном счете стандартизированные системы могут позволить использование различных корковых сигналов, таким образом, пациенты могут решить, какой лучше всего управлять

аппаратурой. Последовательное управление мозговым сигналом, должно быть довольно легко достигнуто и сохранено. Программное обеспечение должно быть легким в использовании для пациентов и сиделок. Домашние системы должны быть просты в настройке и калибровке, надежны, доступны, не требовать частого обслуживания и не зависеть от инженеров.

Скорость передачи информации от мозговых сигналов должна быть быстрой. Типичная система идеально стремится к обновлению данных каждые 5 секунд и использует логическую систему, которая ожидает слова и фразы. Точность должна достигать минимум 90%. Уровень концентрации для сигнала управления должна допускать распределённое внимание. В доме, многочисленные отвлекающие факторы могут вмешаться в модуляцию сигнала НКИ. Среда ухода обычно трудна и заполнена аппаратурой, такой как машины респиратора и жидкости, которые легко пролить.

Системы должны быть мобильными, крепкими и занимать мало места, таким образом, они могут использоваться с кровати и инвалидного кресла. Сигналы НКИ не должны ухудшаться в присутствии вентиляторов и электронных приборов. Они должны также обладать некоторым уровнем косметической приемлемости. [7]

1.3 Разработка мобильного НКИ на основе умного мультимедийного контроллера

Ещё одним интересным вариантом реализации НКИ является устройство на основе умного мультимедийного контроллера. Данная разработка способна выбрать соответствующую музыку исходя из оценки текущего физиологического состояния пользователя. В данном случае были использованы мультимедийная платформа и блок регистрации ЭЭГ в режиме реального времени.

Программа управления встроенная в мультимедийную установку была создана для проведения анализа ЭЭГ пользователя и последующего выбора музыки согласно его состоянию. Исследования показывают, что

музыкальная биологическая обратная связь в соответствии с данными ЭЭГ в режиме реального времени способна улучшить состояние человека. [12].

Итак. Почему же всё-таки музыка?

Музыка – это отличный подход к улучшению человеческой физиологии и психологии, применяемый в таких областях, как лечение и восстановление определенных функций организма или отдельных органов. Например, музыка положительно влияет на людей с деменцией или нарушениями работы сердца, обеспечивает расслабляющий эффект во время восстановления и улучшает умственную деятельность. Многие исследования показывают, что определенная музыка положительно влияет на умственные способности. [11].

Довольно сложно подобрать подходящую музыку в целях восстановления и лечения организма. Мобильный аппарат НКИ на основе умного мультимедийного контроллера решает данную проблему. Аппарат выбирает музыку исходя из данных о текущем состоянии человека. [12, с.9].

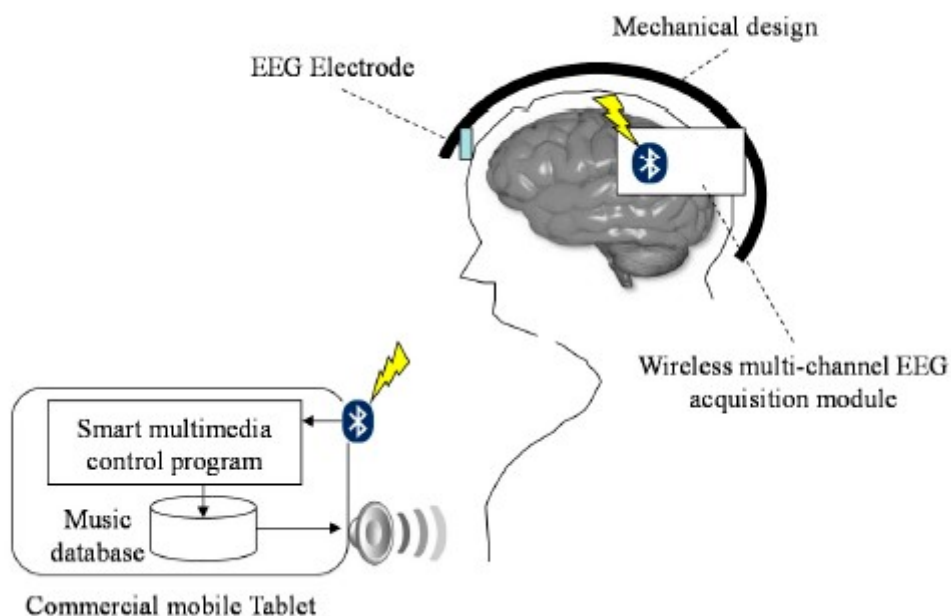
Преимущественно в большинстве случаях для аппарата НКИ требуется дорогостоящий электроэнцефалограф и компьютер для обработки ЭЭГ в режиме реального времени. Данную проблему решают с помощью набирающих популярность в современном мире мобильных планшетов. Они имеют малые параметры массы и габаритов и их вычислительные способности растут по экспоненте из года в год. Поэтому планшет используется в качестве платформы для разработки. Таким образом программа встроенная в планшет производит вычисления и обработку ЭЭГ в режиме реального времени и по результатам вычислений предоставляет ту или иную музыку в зависимости от текущего состояния человека. При этом по окончании одной композиции следующая композиция выбирается по тому же принципу.

Исходя из вышеизложенной информации, можно с уверенностью сказать, что такой аппарат проще использовать для ежедневного применения.

Архитектура системы

Структурная схема аппарата изображена на рисунке 4. [12]

Рисунок 4. Структурная схема мобильного НКИ на основе умного мультимедийного контроллера.



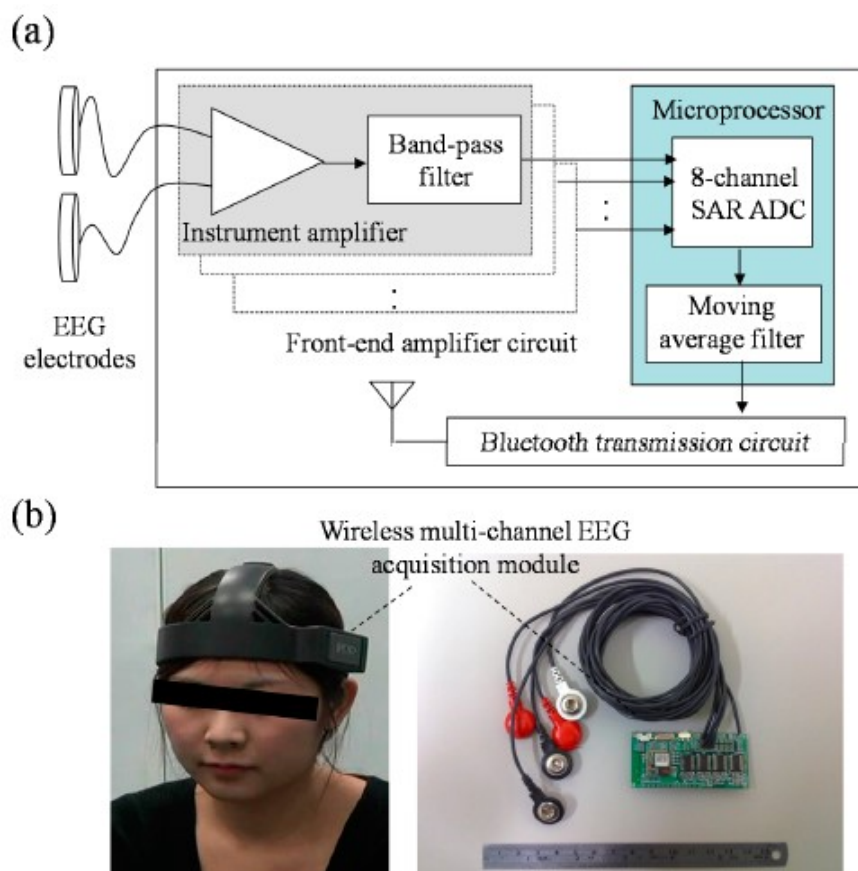
Оборудование системы состоит из беспроводного многоканального регистрирующего модуля ЭЭГ и мультимедийной платформы.

В данном случае регистрирующий многоканальный модуль ЭЭГ одновременно регистрирует сигналы ЭЭГ и затем передаёт эти сигналы ЭЭГ в мультимедийную платформу через Bluetooth. Мультимедийная программа встроена в планшет для получения и обработки сигнала и последующего сохранения данных. Операции выполняются непрерывно. Заведомо в планшете сохранены несколько типов музыки, которые выбираются в зависимости от типа полученной ЭЭГ. [12].

Беспроводной многоканальный регистрирующий модуль ЭЭГ.

Блок-схема беспроводного многоканального регистрирующего модуля ЭЭГ показан на рисунке 5 (а) и состоит из 3 основных частей: схема входного усилителя, микропроцессор и схема передачи данных через Bluetooth.

Рисунок 5. Блок-схема беспроводного многоканального регистрирующего модуля ЭЭГ. [12]



В данном случае входной усилитель представляет собой усилитель и фильтр ЭЭГ сигналов, которые регистрируются с помощью электродов. Микропроцессор предназначен для оцифровки входного аналогового сигнала ЭЭГ. Беспроводная передача данных на планшет осуществляется за счёт Bluetooth.

Схема входного усилителя помимо самого усилителя содержит полосовой фильтр. Коэффициент усиления равен 5000. Полоса пропускания в частотном диапазоне от 0.1 Гц до 150 Гц. Используется 16-битный микропроцессор с очень низким потреблением мощности (MPS430, Texas Instruments, Даллас, Техас, США). Данный микропроцессор может обеспечить 12-битное 8-канальное аналого-цифровое преобразование ЭЭГ сигнала. Частота дискретизации составляет 512 Гц. [12].

Схема беспроводной передачи содержит антенну (PCB) на печатной плате и модуль Bluetooth, который также полностью совместим с Bluetooth

2.0. Микропроцессор взаимодействует с Bluetooth через UART. Беспроводной регистрирующий многоканальный модуль ЭЭГ способен регистрировать толки силой в 35 мА, он питается от источника питания постоянного тока в 3.7 В. В качестве батареи используется литий-ионный аккумулятор с емкостью в 1100 мА/ч, что позволяет устройству работать непрерывно в течение более 30 часов. [12].

На рисунке 2 (b) изображён сам модуль ЭЭГ.

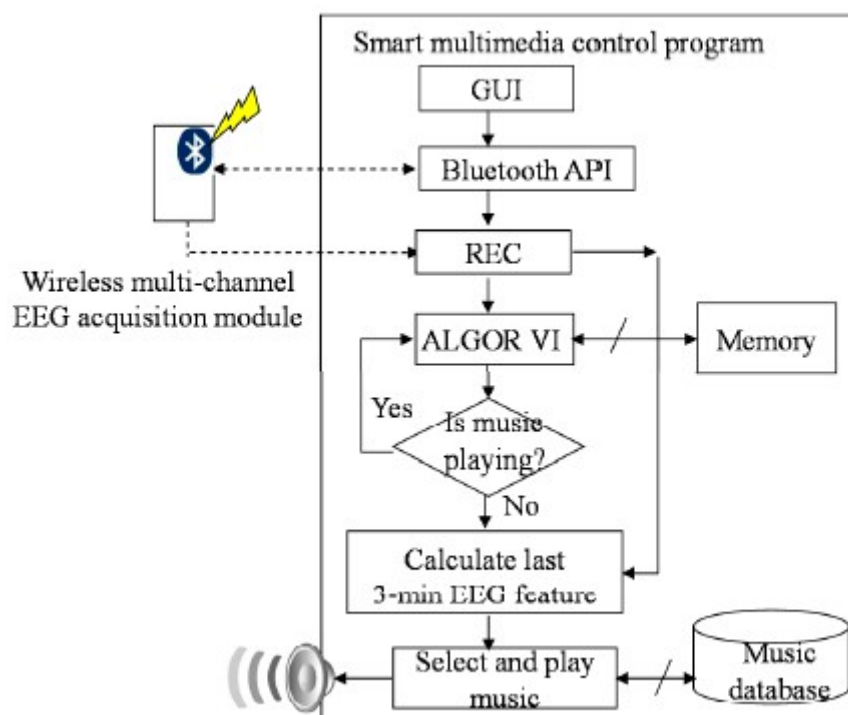
Мультимедийная платформа.

В качестве мультимедийной платформы используется планшет, работающий на операционной системе Windows 8.1. В операционную систему встроена управляющая программа, предназначенная для хранения и обработки информации об ЭЭГ сигналах. Помимо этого на планшете уже хранятся различные типы музыкальных композиций. После обработки ЭЭГ сигналов управляющая программа определяет соответствие определенного типа музыки и текущего состояния человека. Происходит воспроизведение музыки. [12].

Программное обеспечение умного мультимедийного контроллера

Данное программное обеспечение разработано на основе языка программирования Microsoft C#. Ход выполнения операций показан на рисунке 6.

Рисунок 6. Алгоритм выполнения операций. [12]



Для начала, данная программа настроит графический интерфейс пользователя. Затем, программа вызовет поток данных передаваемых через Bluetooth за счёт подачи автоматического прерывания по приоритету. Так операция позволяет получать данные с регистрирующего модуля ЭЭГ и обеспечить поток данных на платформу системы за счёт подключения к модулю ЭЭГ. Полученный исходный сигнал ЭЭГ хранится на твердотельном накопителе планшета. [12].

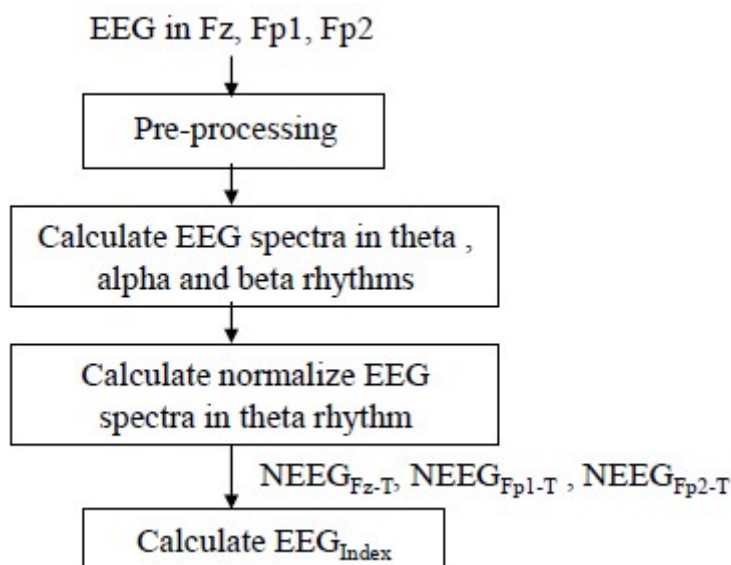
Сигнал ЭЭГ снимается по схеме 10-20 с точек подключения электродов Fz, Fp1 и Fp2. Программа анализирует текущее воспроизведение музыки. Если музыкальная композиция будет подходить к концу, то программа возьмёт среднее значение параметра ЭЭГ на основе 3 последних измерений. Исходя из данного значения среднего параметра, программа проанализирует данные и подберёт соответствующую музыкальную композицию. [12].

Алгоритм выделения параметров ЭЭГ

Для работы данного устройства пользователь должен находиться в состоянии поддержания длительного пристального внимания. Такому состоянию удовлетворяет тета ритм (4-7 Гц). [13].

Исходя из утверждения регистрации тета ритмов, алгоритм выделения признаков ЭЭГ имеет следующий вид, рисунок 7.

Рисунок 7. Алгоритм выделения признаков ЭЭГ. [12]



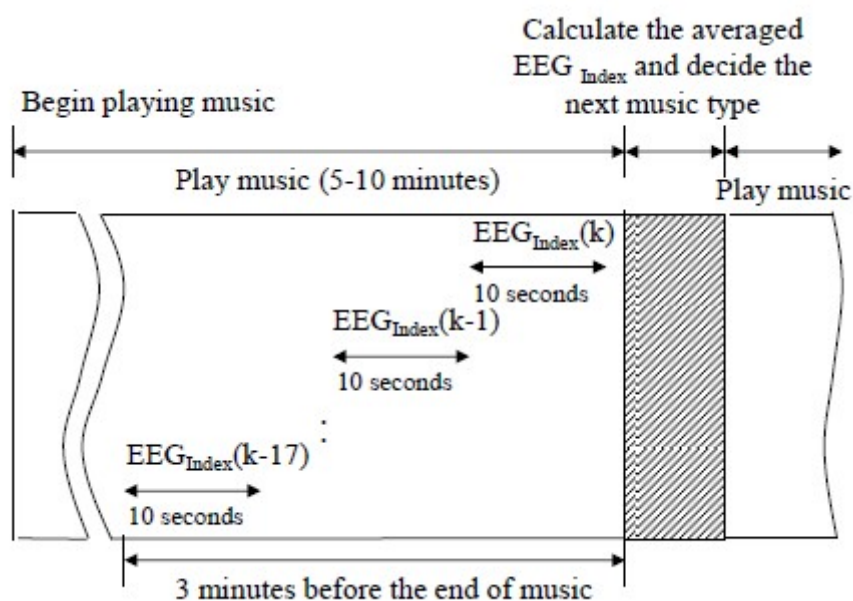
- Pre-processing – предварительная обработка ЭЭГ сигнала снимаемого с участков Fz, Fp1, Fp2. На данном этапе частота дискретизации составляет 64 Гц для снижения вычислительной нагрузки. Также используется быстрое преобразование.
- Calculate EEG spectra in theta, alpha and beta rhythms – вычисление спектров ЭЭГ в тета, альфа (8-12 Гц) и бета (13-30 Гц).
- Calculate normalize EEG spectra in theta rhythm – вычисление стабилизированного ЭЭГ спектра в тета ритме.
- Calculate EEG index – вычисление индекса ЭЭГ.

На рисунке 8 показаны временные диаграммы мультимедийного контроллера. Из диаграмм следует, что выделение параметров текущего ЭЭГ начинается за 3 минуты до окончания композиции. Через каждые 10 секунд

(итого 30 точек с определенными значениями параметров ЭЭГ с соответствующим индексом) проводятся измерения, на основе которых вычисляется значение среднего параметра. Исходя из полученного среднего параметра, происходит выбор и последующее воспроизведение соответствующей композиции.

Рисунок 8. Временные диаграммы мультимедийного контроллера.

[12]



Вывод

Исходя из всей вышеперечисленной информации можно с уверенностью сказать, что момент, когда технология НКИ войдёт в нашу повседневную жизнь остаётся лишь вопросом времени. Исследования проводятся повсеместно и всё время в самых разных уголках планеты. Одни исследования направлены на разработку НКИ в реабилитационных целях, другие в развлекательных, третьи в бытовых.

Основной частью любого аппарата НКИ по прежнему является ЭЭГ. И вряд ли что-либо изменится в ближайшем будущем. Разве, что технология получения и обработки сигналов с мозга будет совершенствоваться из года в год. Что собственно несомненно радует.

Ярким примером служит разработка умного мультимедийного контроллера. Высокая вычислительная мощность и малые параметры массы и габаритов, вне всякого сомнения, играют на руку пользователям. Использовать в повседневной жизни такой аппарат гораздо удобнее, нежели массивный ПК и стационарный ЭЭГ.

Технология НКИ способна тренировать и усиливать возможности мозга, а также восстанавливать утраченные функции и в совокупности с технологией протезирования способна восстанавливать мобильность парализованных людей и даже усиливать их возможности.

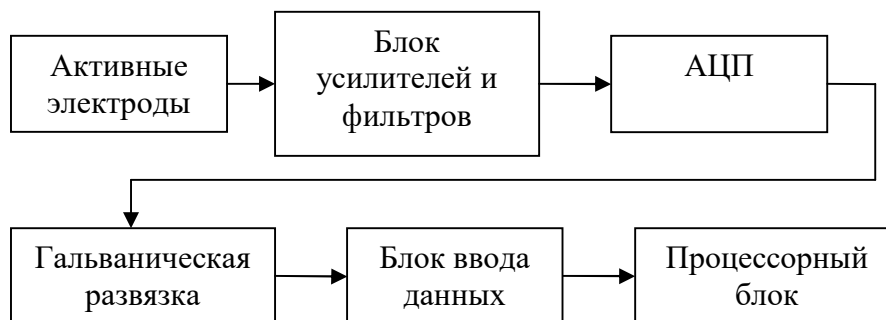
Также стоит отметить, что для регистрации ЭЭГ сигналов стоит использовать активные электроды. Связано это с тем, что в такие электроды могут быть интегрированы активные элементы. В первую очередь это усилители регистрируемых сигналов и радиопередатчики, обеспечивающие беспроводную передачу сигналов. Таким образом, можно с уверенностью сказать, что использование активных электродов может значительно упростить конструкцию аппарата нейрокомпьютерного интерфейса.

2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования в данной выпускной квалификационной работе будет являться способность мозга к воздействию и управлению техническими устройствами за счёт аппарата нейрокомпьютерного интерфейса, а также разработка аппарата НКИ.

Исходя из изученного материала, была спроектирована структурная схема. Рисунок 9.

Рисунок 9. Структурная схема аппарата НКИ.



1. Активные электроды предназначен для осуществления контакта прибора с поверхностью кожи головы, образуя замкнутую электрическую цепь, в которой производится измерение и регистрация колебаний биопотенциалов. В данный электрод интегрирован усилитель биопотенциалов.
2. Блок усилителей предназначен для усиления разности электрических потенциалов на поверхности неповрежденных участков головы, так как данная разность биопотенциалов имеет очень маленькую амплитуду.
3. АЦП (аналогово-цифровой преобразователь) предназначен для преобразования входного аналогового сигнала в дискретный (цифровой) код для дальнейшей его обработки в вычислительном блоке. В качестве АЦП используется микроконтроллер STM32F4 discovery. В данный микроконтроллер интегрированы три 12-разрядных АЦП, причём каждый из них имеет 16 внешних каналов, выполняя преобразование в режиме однократного запуска или в

режиме сканирования. Программный код, обеспечивающий аналого-цифровое преобразование на данном микроконтроллере, описывается в приложении 1.

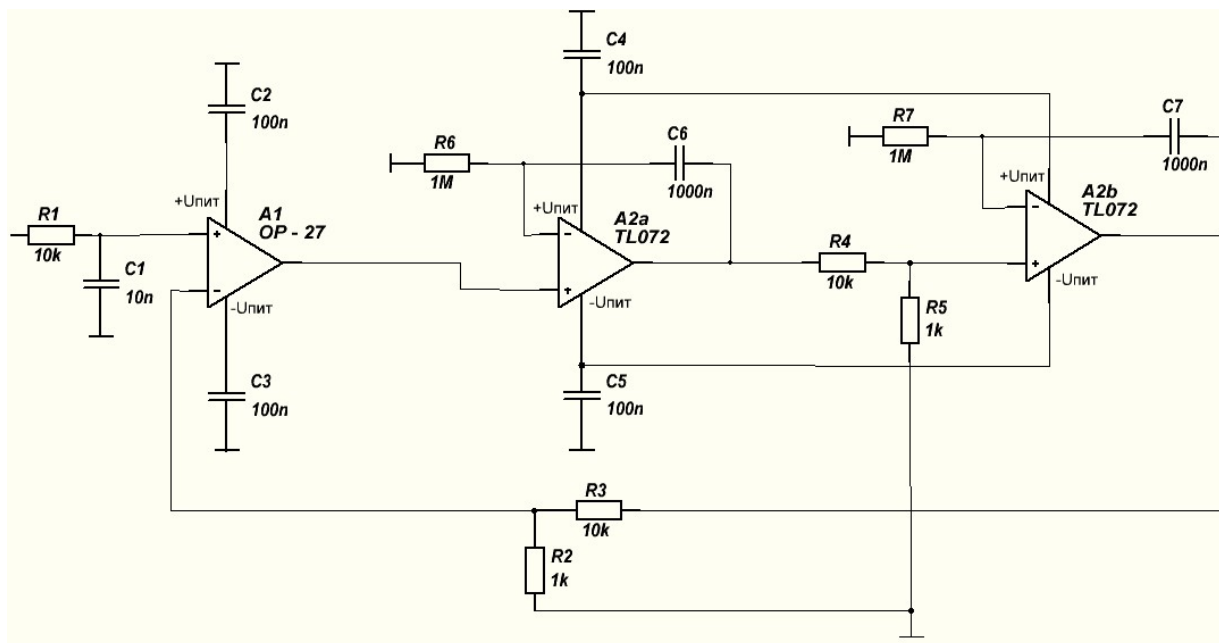
4. Гальваническая развязка предназначена для передачи информационного сигнала при отсутствии электрического контакта. Делается это в целях защиты пациента и оператора. В качестве гальванической развязки используется оптопара.
 5. Блок ввода данных предназначен для обеспечения ввода данных цифрового кода в компьютер для дальнейшего хранения и обработки.
 6. Процессорный блок (РС) предназначен для, непосредственно, обработки данных полученных с АЦП через гальваническую развязку и последующего управления техническими устройствами на основе результатов обработки данных процессорным блоком.
- Принципиальная схема устройства изображена в приложении 2.

3. РАСЧЁТЫ И АНАЛИТИКА

Рассчитаем каждый из блоков по отдельности:

1. Активные электроды:

Рисунок 10. Принципиальная схема активного электрода, блока усилителей и фильтров.



Конденсаторы C2, C3 используются для заземления сигнала на высоких частотах. Благодаря данному подключению конденсаторов высокочастотные составляющие напряжений будут заземлены и не повлияют на работу активного электрода.

R1C1 - фильтр нижних частот. $C1 = 10\text{нФ}$

C2 - для заземления высокочастотной составляющей сигнала напряжения питания со знаком плюс. $C2 = 100\text{нФ}$

C3 - для заземления высокочастотной составляющей сигнала напряжения питания со знаком минус. $C3 = 100\text{нФ}$

Коэффициент обратной связи составляет:

$$K_{oc} = \frac{R3}{R2} = \frac{10\text{кОм}}{1\text{кОм}} = 10$$

Конденсаторы $C4, C5$ выполняют ту же функцию, что конденсаторы $C2, C3$ в активном электроде, а именно заземляют сигнал на высоких частотах.

Интеграторы на основе операционных усилителей ($A2b$ и $A2a$) предназначены для вычисления суммарной активности каждого выделенного ритма ЭЭГ.

Рассчитаем $R6, C6, R7, C7$:

$U_{вых1}$ - выходное напряжение ОУ $A2b$.

$U_{вых}$ - выходное напряжение ОУ $A2a$ и по совместительству выходное напряжение всего блока усилителей.

U_{C6} - напряжение на конденсаторе $C6$.

U_{R6} - напряжение на резисторе $R6$.

U_{C7} - напряжение на конденсаторе $C7$.

U_{R7} - напряжение на резисторе $R7$.

$U_{вых_{дел}}$ - напряжение на выходе резистивного делителя и на входе ОУ $A2a$.

$$U_{вых1} = U_{вх} + U_{C6};$$

$$U_C = \frac{1}{C_6} \int I_C dt;$$

$$U_{вых} = U_{вх} + \frac{1}{C_6} \int I_C dt;$$

$$I_{C6} = I_{oc} = I_{R6} + I_{oy};$$

$$U_{R6} = U_{вх};$$

$$I_{R6} = \frac{U_{вх}}{R_6};$$

$$U_{вых1} = U_{вх} + \frac{1}{R_6 C_6} \int U_{вх} dt.$$

Нам необходимо, чтобы коэффициент перед интегралом равнялся единице. Тогда:

$$\frac{1}{R_6 C_6} = 1 \Rightarrow R_6 C_6 = 1$$

Исходя из данного равенства, подберём значения сопротивления R_6 и ёмкости C_6 .

Пусть $R_6 = 1 \text{ МОм}; C_6 = 1 \text{ мкФ}$.

Используя тот же принцип расчёта для второго ОУ (А2а), получим $U_{вых}$.

$$U_{вых} = U_{вых1} + \frac{1}{R_7 C_7} \int U_{вых1} dt$$

Нам необходимо, чтобы коэффициент перед интегралом равнялся единице. Тогда:

$$\frac{1}{R_7 C_7} = 1 \Rightarrow R_7 C_7 = 1$$

Исходя из данного равенства, подберём значения сопротивления R_7 и ёмкости C_7 .

Пусть $R_7 = 1 \text{ МОм}; C_7 = 1 \text{ мкФ}$.

Рассчитаем резистивный делитель перед вторым ОУ (А2а). Будем исходить из того, что $K_u = \frac{1}{11}$.

$$K_u = \frac{U_{вых_{дел}}}{U_{вых1}} = \frac{I \cdot R_5}{I \cdot (R_5 + R_4)} = \frac{R_5}{R_5 + R_4} = \frac{1}{11}$$

Исходя из данного равенства, подберем значения сопротивлений:

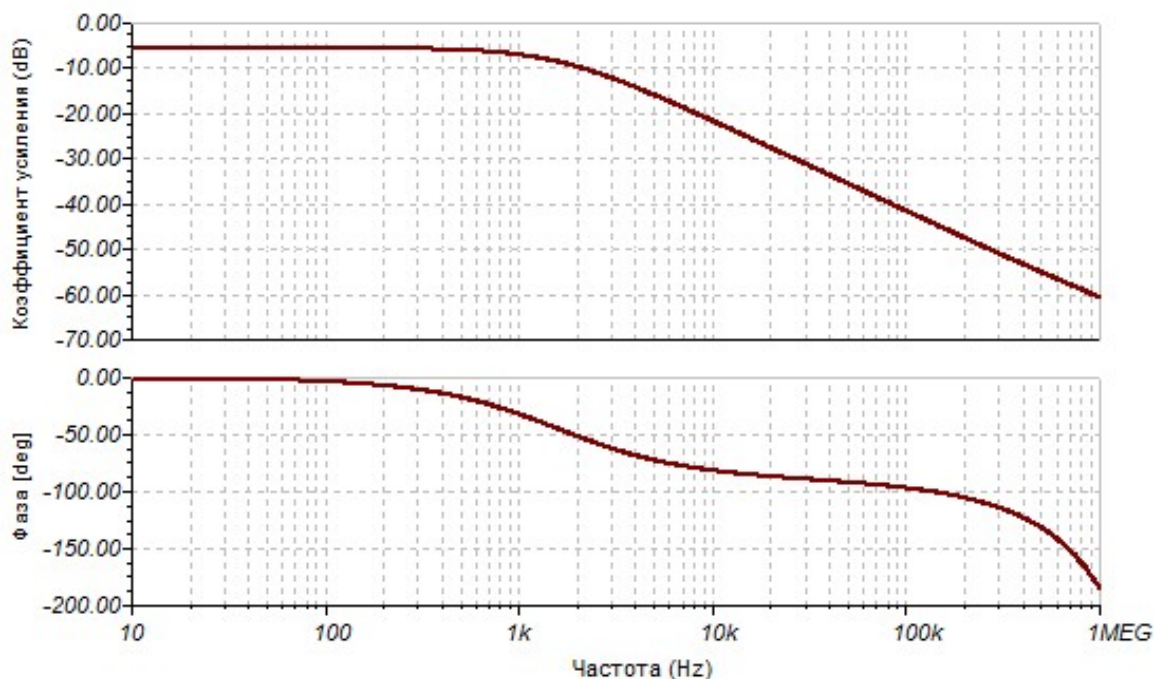
$R_5 = 1 \text{ кОм}; R_4 = 10 \text{ кОм}$.

.

4. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЁННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

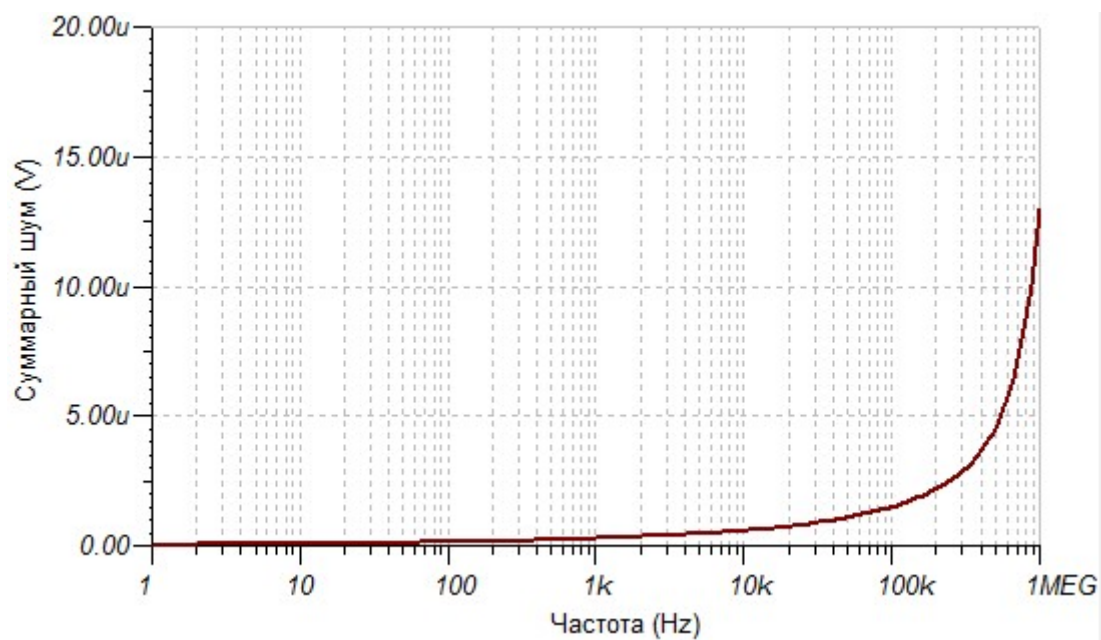
При проведении тестирования схемы активного электрода и блока усилителей получили первичные результаты работы, а именно АЧХ, ФЧХ и влияние шумов.

График 1. АЧХ и ФЧХ.



Исходя из данного графика видно, что частотные параметры соответствуют параметрам операционных усилителей.

График 2. Воздействие шумов.



Исходя из данного графика видно, что суммарное воздействие шумов на схему начинает резко возрастать при частоте равной 100 кГц. Причём рост шумов имеет экспоненциальный характер. Данная характеристика удовлетворяет нормальному режиму работы.

5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

Группа	ФИО
1Д21	Топоев Артём Борисович

Институт		Кафедра	
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Биотехнические системы и технологии

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Определение структуры плана проекта и трудоёмкости работ, разработка графика проведения НИИ, бюджет НИИ.
2. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение интегрального показателя финансовой эффективности, интегрального показателя ресурсоэффективности, интегрального показателя эффективности и сравнительной эффективности вариантов исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Матрица SWOT
2. График проведения и бюджет НИИ
3. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д21	Топоев Артём Борисович		

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. [14]

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

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

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).

Таблица 1.

		Область применения технологии		
		Реабилитация	Развлечения	Вооружение
Специализация компании	Медицина	Компания ExoAthlet		
	Бытовая техника		Компании Neuro Sky, OCZ Technology, Emotiv Systems, Interactive Productline	
	Военный комплекс			Государственная корпорация Ростех

Так как нейроинтерфейс обладает широким применением в самых разных направлениях, то для сегментирования рынка услуг можно представить наиболее распространенные направления использования в тех или иных компаниях, т. е. можно представить компании с разной специализацией. В зависимости от специализации компании определить

наиболее подходящий сектор применения технологии нейрокомпьютерного интерфейса.

В первую очередь производство данного устройства будет направлено на применение в медицине в целях реабилитации людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата. На данный момент российская компания EhoAthlet разрабатывает и в скором времени собирается запустить в серийное производство экзоскелеты для людей с нарушениями опорно-двигательного аппарата. Сотрудничество с данной компанией в целях улучшения технологии медицинских экзоскелетов считается разумным и возможным.

При удачном освоении рынка медицинского оборудования планируется обратить внимание на военно-промышленный комплекс для создания удобных систем управления военных экзоскелетов и другой техники. Приветствуется сотрудничество с государственной корпорацией Ростех.

5.1.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. [14]

SWOT-анализ

	Сильные стороны НИП: С1. Экологичность технологии. С2. Квалифицированный персонал. С3. Наличие необходимого оборудования для проведения испытаний данного образца. С4. Доступная элементная база. С5. Высокая степень надёжности и безопасности.	Слабые стороны НИП: Сл1. Относительная дороговизна проекта. Сл2. Отсутствие бюджетного финансирования. Сл3. Отсутствие компании, способной обеспечить серийное производство.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ и СибГМУ. В2. Рост потенциальной востребованности ввиду широкого применения технологии. В3. Снижение уровня конкуренции на территории РФ.	Использование инфраструктуры университетов приведет к доступу к элементной базе, а также значительно снизит затраты на производство и увеличит финансирование для проекта.	Снижение затрат на производство приведет к снижению себестоимости реализации проекта. Также решается вопрос с бюджетным финансированием.
Угрозы: У1. Ограниченный экспорт ввиду высокой конкуренции за рубежом. У2. Нестабильная финансовая поддержка со стороны государства. У3. Высокая сложность обеспечения серийного производства. У4. Нехватка квалифицированных кадров для создания и обращения с данным прибором.	Имеется возможность обучить новых специалистов в данном направлении, тем самым увеличив количественный состав квалифицированного персонала.	Нестабильная финансовая поддержка в совокупности с относительной дороговизной реализации проекта могут сильно ударить по процессу реализации проекта и сделать его менее конкурентоспособным.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Таблица 2. [14]

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 30% И – 90%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 10%
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	НР – 30% ИП – 90%
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	НР – 30% И – 100%
Расчет принципиальной схемы устройства	И	И – 100%
Разработка макета устройства	И	И – 100%
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	НР – 30% И – 100%
Корректировка параметров принципиальной схемы устройства	И	И – 100%
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	И – 100%
Оформление материала	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 90% И – 30%

5.2.2 Определение трудоёмкости выполнения работ

Определим продолжительность этапов работ опытно-статическим методом [14], который реализуется:

- аналоговым способом;
- вероятностным способом.

Определим ожидаемое значение продолжительности работ $t_{ожі}$, применив вероятностный метод – метод двух оценок $t_{min\ i}$ и $t_{max\ i}$.

Ожидаемое значение продолжительности работ рассчитывается по формуле:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min\ i} + 2t_{max\ i}}{5},$$

где

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

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

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

В выполнении работ принимали участие следующие специалисты:

- инженер;
- научный руководитель.

Рассчитаем длительность этапов в рабочих днях, затем, переведя их в календарные дни, построим линейный график. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ведется по формуле:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{q_i},$$

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 одном этапе, чел.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Для отображения этапов проектирования используется график сетевой, либо линейный. Для удобства построения графика необходимо каждый этап перевести в календарные дни. Рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{Ki} = T_{Pi} * k_{КАЛ},$$

где

T_{Pi} – продолжительность одной работы в календарных днях;

$k_{КАЛ}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности рассчитывается по следующей формуле:

$$k_{КАЛ} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВЫХ} - T_{ПР}} = \frac{365}{365 - 52 - 15} = 1.22$$

где

$T_{КАЛ}$ – количество календарных дней году (365).

$T_{ВЫХ}$ – количество выходных дней в году (52).

$T_{ПР}$ – количество праздничных дней в году (15).

Полученные данные, которые были рассчитаны вышеуказанными формулами, заносятся в таблицу 3. Используя таблицу 3, можно построить календарный план-график выполнения работ, таблица 4.

Таблица 3.

Название работы	Исполнитель	Продолжительность работ (дни)			Длительность работ			
					$T_{\text{Р}}$		$T_{\text{К}}$	
		$t_{\text{min } i}$	$t_{\text{max } i}$	$t_{\text{ож } i}$	НР	Ин	НР	Ин
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	5	3,2	3,2	-	3,90	3,90
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	3	5	3,8	1,9	1,9	2,31	2,31
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	10	17	12,8	6,4	6,4	7,80	7,80
Разработка календарного плана	НР, И	1	3	1,8	0,9	0,9	1,09	1,09
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	2	6	3,6	1,8	1,8	2,19	2,19
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	4	10	6,4	3,2	3,2	3,90	3,90
Расчет принципиальной схемы устройства	И	7	12	9	-	9		10,98
Разработка макета устройства	И	4	10	6,4	-	6,4	7,80	7,80
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	2	8	4,4	2,2	2,2	2,68	2,68
Корректировка параметров принципиальной схемы устройства	И	3	12	6,6	-	6,6	8,05	8,05
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	1	2	1,4	-	1,4		1,70
Оформление материала	И	5	20	11	-	11		13,42
Подведение итогов	НР, И	1	3	1,4	0,7	0,7	0,85	0,85

Таблица 4.

Название работы	Исполнитель		Продолжительность выполнения работ																	
			февраль			март			Апрель			май			июнь			июль		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	3,90																		
Составление и утверждение ТЗ	НР, И	2,31																		
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	7,80																		
Разработка календарного плана	НР, И	1,09																		
Выбор структурной схемы устройства	НР, И	2,19																		
Выбор принципиальной схемы устройства	НР, И	3,90																		
Расчет принципиальной схемы устройства	И	10,98																		
Разработка макета устройства	И	7,80																		
Проведение экспериментальных исследований	НР, И	2,68																		
Корректировка параметров принципиальной схемы устройства	И	8,05																		
Оформление расчетно-пояснительной записки	И	1,70																		
Оформление материала	И	13,42																		
Подведение итогов	НР, И	0,85																		

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

Расчёт материальных затрат НТИ

Материальные расходы - это расходы на покупку сырья и материалов для изготовления товаров. В состав материальных затрат дипломного проекта входят такие элементы [14] как:

- сырье;
- материалы;
- покупные материалы (микросхемы и др.);
- комплектующие (резисторы, конденсаторы и др.).

Материальные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \sum_{i=1}^Q C_i * N_{\text{расх.}i}$$

где

Q – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении диплома;

$N_{\text{расх.}i}$ – количество материальных ресурсов, планируемых к использованию при выполнении диплома (шт., кг, м и т.д.);

C_i – цена приобретенной единицы i -го вида (руб./шт., руб./кг, руб./м и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

При помощи формулы заполняется таблица затрат на материалы.

В таблице 5 приведена цена на все необходимые компоненты для создания рабочего макета.

Таблица 5.

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, руб	
			Пост. 1	Пост.2	Пост. 1	Пост.2
Печатная Плата	шт.	1	300	300	300	300
Микроконтроллер	шт.	1	1752,51	1997,26	1752,51	1997,26
Конденсаторы	шт.	10	1	2	10	20
Резисторы	шт.	6	0,5	1	3	6
Бумага для Принтера	уп.	1	150	120	150	120
Припой	метр.	1	15	17	15	17
Светодиоды	шт.	3	13	17	39	51
Фотодиоды	шт.	2	37	31	74	62
Микросхемы стандартной логики (триггер)	шт.	1	20	15	20	15
Итого					2363,51	2588,26

Расчёт затрат на специальное оборудование для научных (технических) работ

Всё необходимое специальное оборудование для реализации данного проекта имеется на кафедре, что значительно снижает себестоимость создания прототипа устройства ввиду отсутствия дополнительных затрат на специальное оборудование. Исходя из данного утверждения, можно сказать, что расчёт затрат на специальное оборудование для научных (технических) работ не является необходимым, так как сумма таких затрат будет равна нулю.

Основная заработная плата исполнителей темы

В данную статью расходов входят заработные платы научного руководителя и инженера, а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения работы и величины месячного оклада исполнителя.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{ср.} = \frac{О}{N_p}, \text{ где}$$

О – месячный оклад работника. Оклады распределены в соответствии занимаемые должностями.

N_p – количество рабочих дней в месяце. При пяти дневной рабочей недели $N_p = 22$ дня.

Для расчета основной заработной платой для отдельного исполнителя необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$З_{осн.} = З_{ср.} * N_3 * (1 + k_d) * k_p, \text{ где}$$

N_3 – затраты времени на совершение работы в днях. Эти данные по каждому исполнителю брались из графика трудоемкости.

k_p – районный коэффициент, для города Томска составляет 1,3.

k_d – коэффициент доплат и надбавок ($k_d = 0,1$).

Фонд заработной платы для научного руководителя и инженера равен сумме их заработной платы.

Таблица 6.

Исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднедневная ставка, руб./день	Затраты времени, дни	Заработная плата, руб.
НР (доцент)	22052,00	1002,36	41	58768,36
И(научный сотрудник)	16214,00	737,00	67	70611,97
Итого:				129380,33

Таким образом, общий фонд заработной платы составил 129380,33 руб.

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

В данном случае отклонение по нормам труда относится только для инженера, так как параллельно с реализацией данного проекта происходит обучение в НИТПУ. Тогда:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

где

$k_{\text{доп}}$ – дополнительный коэффициент заработной платы (0,12–**0,15**).

Дополнительная заработная плата для инженера составила:

$$З_{\text{доп}} = \mathbf{10591,8 \text{ руб.}}$$

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье учитываются обязательные взносы в пенсионный фонд, фонд социального страхования, а также медицинского страхования. Данные расходы рассчитываются по следующей формуле:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot [(З)_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}]$$

где

$k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды.

$$k_{\text{внеб}} = k_{\text{пенф.}} + k_{\text{соцстр.}} + k_{\text{медстр.}}$$

где

$k_{\text{пенф.}}$ – коэффициент отчислений в пенсионные фонды;

$k_{\text{соцстр.}}$ – коэффициент социального страхования;

$k_{\text{медстр.}}$ – коэффициент медицинского страхования

$$k_{\text{внеб}} = \mathbf{0,3}$$

Таблица 7.

Исполнитель	Основная заработная плата руб.	Дополнительная заработная плата руб.	Отчисление во внебюджетные фонды, руб.
НР	58768,36	0	17630,508
И	70611,97	10591,8	24361,131
Итого:			41991,639

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 8.

Статья расходов	Стоимость (исп. 1), руб.	Стоимость (исп. 2), руб.
Материальные затраты	2363,51	2588.26
Затраты на основную заработную плату	129380,33	129380,33
Затраты на дополнительную заработную плату	10591,8	10591,8
Затраты на отчисление во внебюджетные фонды	41991,639	41991,639
Итого	184327,279	184552,029

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

Показатель финансовой эффективности рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где

$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта (в т.ч. аналоги).

Таблица 9.

Параметр	Φ_{pi} руб.	Φ_{max} руб.	$I_{\text{финр}}^{\text{исп}i}$
Исполнение 1	184327,279	200000	0,9216
Исполнение 2	184552,029		0,9228

Далее производится расчет ресурсоэффективности. Данный показатель рассчитывается по следующей формуле:

$$I_{\text{pi}} = \sum_{i=1}^N a_i \cdot b_i$$

где

I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент i-го признака научно-технического эффекта;

b_i – количественная оценка i-го признака научно-технического эффекта, в баллах (от 1 до 10).

Расчет ресурсоэффективности производится по каждому критерию, по которому характеризуется готовый рабочий прототип (удобство эксплуатации, точность позиционирования и т.д.) и заносится в таблицу 10. [14]

Таблица 10.

Критерий	Весовой коэффициент	Балльная оценка	
		Исп.1	Исп.2
Удобство в эксплуатации	0,15	7	6
Способствует росту производительности труда	0,1	6	6
Помехоустойчивость	0,15	6	7
Энергосбережение	0,2	8	8
Надежность	0,25	7	6
Материалоемкость	0,05	6	5
Цена	0,1	5	4
Итого	1	45	42

Проанализировав таблицу 10, рассчитывается интегральная оценка эффективности для двух исполнений.

$I_{p1} = 6,7$ - показатель ресурсоэффективности для первого исполнения;

$I_{p2} = 6,3$ - показатель ресурсоэффективности для второго исполнения.

Зная значения коэффициентов ресурсоэффективности и финансовой эффективности, рассчитывается показатель эффективности разработки:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p1}}{I_{фин1}}$$

$I_{исп1} = 7,3$ - интегральный показатель эффективности вариантов;

$I_{исп2} = 6,88$ - интегральный показатель эффективности вариантов.

Для качественного анализа используется сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}}$$

$$\mathcal{E}_{ср} = 1,061$$

Все полученные параметры сравнительного анализа заносятся в таблицу 11.

Таблица 11.

Показатели	Исп. 1	Исп. 2
Интегральный показатель финансовой эффективности	0,917	0,916
Интегральный показатель Ресурсоэффективности	6,7	6,3
Интегральный показатель эффективности вариантов	7,3	6,88
Сравнительная эффективность	1,061	

Из сравнительной эффективности следует, что первый вариант исполнения имеет более высокие показатели эффективности по сравнению со вторым вариантом. Отсюда следует, что первый вариант исполнения является более предпочтительным.

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Студенту:

Группа	ФИО
1Д21	Топоев Артём Борисович

Институт	ИНК	Кафедра	ПМЭ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Биотехнические системы и технологии

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения

1. Объектом исследования является аппарат нейрокомпьютерного интерфейса. Состоит из элементной базы микроэлектроники, а также микропроцессоров. Рабочей зоной является лаборатория СибГМУ.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность

1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;
- действие фактора на организм человека;
- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).

1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:

- механические опасности (источники, средства защиты);
- термические опасности (источники, средства защиты);
- электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);
- пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).

1.1. Существует потенциальная возможность вредного воздействия на организм человека электрическим током.

1.2. В ходе проведения анализа были выявлены опасные факторы электробезопасности. Источником является аппарат нейроинтерфейса, который непосредственно контактирует через электроды с человеком. К средствам защиты относится защитное заземление и зануление, а также защитное отключение аппарата.

2. Экологическая безопасность:

- защита селитебной зоны

2. Экологическая безопасность:

- вредные выбросы в атмосферу

– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	практически отсутствуют - влияние на гидросферу отсутствует - влияние на литосферу отсутствует - разработка решений по обеспечению экологической безопасности не требуется, т. к. разработка данного аппарата нейтральна с точки зрения воздействия на экологию
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: - к возможным ЧС относятся возникновение пожара или взрыва на рабочем месте - наиболее типичным ЧС является пожар - описаны меры по противостоянию распространению пожара с организационной и технической точки зрения
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: -

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д21	Топоев Артём Борисович		

В данном разделе мы рассмотрим вопросы социальной ответственности по отношению к разрабатываемому аппарату «Нейроинтерфейс технических устройств».

В соответствии с полученными знаниями и умениями по таким дисциплинам, как «Экология» и «Безопасность жизнедеятельности» будет проведен анализ разработанных в работе решений с точки зрения социальной ответственности за моральные, общественные, экономические, экологические возможные негативные последствия и ущерб здоровью человека в результате их внедрения.

Социальная ответственность при разработке новых решений должна обеспечивать: исключение несчастных случаев; защиту здоровья работников; снижение вредных воздействий на окружающую среду; экономное расходование невозобновимых природных ресурсов.

Также будет проведён анализ объекта исследования на предмет выявления основных техносферных опасностей и вредностей, оценить степень воздействия их на человека, общество и природную среду, предложить методы минимизации их воздействий и защиты от них.

Работы проходят в лабораторном помещении Сибирского государственного медицинского университета (СибГМУ), учебно-терапевтический корпус.

6.1 Производственная безопасность

Таблица 1. Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы. [15]

Этапы работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-74)
Проектирование	Статические физические нагрузки
Сборка	Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

6.1.1 Анализ опасных и вредных производственных факторов (производственная санитария)

Проектирование:

На начальных этапах работы производится проектирование разработки. Данная процедура проводится преимущественно на компьютерах в сидячем стационарном положении. Таким образом, если неправильно организовать работу за компьютером в процессе проектирования прибора, то к концу рабочего дня проектировщик может ощущать головную боль, резь в глазах, тянущие боли в мышцах шеи, рук, спины, зуд кожи лица. Со временем это приводит к мигреням, частичной потери зрения, сколиозу, кожным воспалениям и т.д. Это не только снижает трудоспособность, но и подрывает здоровье людей.

У людей, работающих с персональным компьютером от 2 до 6 часов в день, резко возрастают шансы заработать болезнь верхних дыхательных путей, получить неожиданный инфаркт или инсульт, испортить зрение.

Помимо этого на пользователей ПК постоянно действуют следующие ОВПФ:

- повышенная ионизация воздуха;
- повышенный уровень статического электричества;
- электромагнитные излучения;

- повышенный уровень ультрафиолетовой и инфракрасной радиации;
- повышенный уровень шума и вибрации;
- нервно-эмоциональная напряженность.

Таблица 2. Суммарное время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности работы, вида и категории трудовой деятельности с ПЭВМ [15, с.31]

Категория работы с ПК	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПК			Суммарное время регламентированных перерывов, мин	
	группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В, ч	при 8-часовой смене	при 12-часовой смене
I	до 20000	до 15000	до 2	50	80
II	до 40000	до 30000	до 4	70	110
III	до 60000	до 40000	до 6	90	140

В случае проектирования аппарата на ПК работа пользователя (проектировщика) относится к группе В, т. к. проектирование является творческим процессом в режиме диалога с ПК. Таким образом, исходя из данной группы, суммарное время непосредственной работы с ПК не должно превышать больше 6 часов за одну смену. Также, учитывая что данный этап работы требует постоянного взаимодействия с ПК, а также от пользователя требуется напряженное внимание и сосредоточенность, при исключении возможности периодического переключения на другие виды трудовой деятельности, не связанные с ПЭВМ, рекомендуется организация перерывов на 10-15 мин через каждые 45-60 мин работы. Продолжительность непрерывной работы с ВДТ без регламентированного перерыва не должна превышать 1 ч. Ежедневная работа высокой интенсивности и с нервно-эмоциональным напряжением по 12 и более часов не допускается.

Сборка:

При процессе сборки существует опасность воздействия повышенного значения напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Целесообразно для защиты от воздействия на человека высоких значений напряжения использовать:

- изолирующие средства (резиновые перчатки, галоши, коврики...);
- заземление;
- зануление;
- защитное отключение и др.

6.2 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном разделе проведём анализ возможных чрезвычайных ситуаций (ЧС) в зоне расположения проектируемого аппарата (техногенного, природного или военного характера). Из рассмотренных ЧС выберем наиболее вероятные.

6.2.1 Пожарная и взрывная безопасность

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются пожар или взрыв на рабочем месте. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов.

Для начала определим категорию помещения по пожароопасности исходя из документа об утверждении норм пожарной безопасности «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» (НПБ 105-03).

Таблица 3. Категории помещений по взрывопожарной и пожарной опасности. [15]

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
А взрывопожароопасная	Горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°C в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом в таком количестве, что расчетное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа
Б взрывопожароопасная	Горючие пыли или волокна, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки более 28°C, горючие жидкости в таком количестве, что могут образовывать взрывоопасные пылевоздушные или паровоздушные смеси, при воспламенении которых развивается расчетное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа
В1 - В4 пожароопасные	Горючие и трудногорючие жидкости, твердые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или обращаются, не относятся к категориям А или Б
Г	Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; горючие газы, жидкости и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива
Д	Негорючие вещества и материалы в холодном состоянии

Рассматриваемое помещение относится к категории В3.

Источником возникновения потенциального пожара может являться электрический ток при работе с электроустановкой.

Для предотвращения распространения пожара в случае его возникновения стоит разработать ряд организационных и технических мер обеспечения пожарной безопасности.

Организационные меры

1. Определить для себя, выходить или не выходить наружу.
Убедиться, что за дверью нет пожара, приложив свою руку к двери или к металлической ручке. Если они горячие, то ни в коем случае не открывать дверь.
2. Не входите туда, где большая концентрация дыма и видимость менее 10 метров.
3. Если дым и пламя позволяют выйти из помещения наружу:
 - уходить скорее от огня, используя основные и запасные пути эвакуации.
 - отключить попутно электроэнергию.
 - идти к выходу на четвереньках, так как вредные продукты горения скапливаются на уровне нашего роста и выше, закрывая при этом рот и нос подручными средствами защиты.
 - по пути за собой плотно закрыть дверь.
 - покинуть опасное помещение, не возвращаться назад, сообщить о себе должностным лицам.
4. Если дым и пламя в соседних помещениях не позволяет выйти наружу:
 - не поддаваться панике.
 - накрыться полностью мокрым покрывалом (тканью).
 - проверить существует ли возможность выйти на крышу или спуститься по пожарной лестнице.
 - если возможности эвакуироваться нет, то для защиты от тепла и дыма необходимо надёжно загерметизировать своё помещение: плотно закройте входную дверь, заткните щели двери изнутри помещения, используя при этом любую ткань; закройте окна, форточки, заткните вентиляционные отверстия; если есть вода, постоянно смачивайте дверь, пол.

- если помещение наполнилось дымом, передвигаться на четвереньках, прикрыв рот и нос влажной тряпкой (носовым платком, рукавом от рубашки), в сторону окна и находиться возле окна и привлекать к себе внимание людей на улице.

Технические меры

1. Автоматические установки пожаротушения (АУПТ):

- водяные АУПТ - используют в качестве огнетушащего вещества воду или воду с добавками.
- пенные АУПТ - имеют резервуар с пенообразователем и дозирующим устройством при раздельном хранении компонентов огнетушащего вещества.
- газовые АУПТ - совокупность технических стационарных технических средств пожаротушения для тушения очагов пожара за счёт автоматического выпуска газового огнетушащего вещества (состава).
- порошковые АУПТ – используют огнетушащий порошок.

2. Огнетушащие вещества разбавления:

- диоксид углерода – охлаждает очаг горения.
- азот
- водяной пар – в процессе тушения пар, заполняя помещение, разбавляет и вытесняет из него воздух, препятствуя, таким образом, процессу горения; капли воды, содержащиеся в насыщенном паре, испаряются и поглощают тепло, охлаждая очаг пожара.
- хладоны – химические вещества, тормозящие реакции горения.

6.2.2 Безопасность при чрезвычайных антропогенных и природных ситуациях

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией природного происхождения в Томской области, а значит и близ Томска, могут быть лесные пожары. Технические и организационные меры при пожаре были описаны в предыдущем пункте.

К наиболее вероятной чрезвычайной ситуации антропогенного характера относится загрязнение окружающей среды за счёт выбросов химикатов с заводов.

Так при возникновении подобной ситуации следует сделать следующее:

- всем гражданам, оказавшимся на улице, укрыться в зданиях.
- закрыть входные двери, окна (в первую очередь с наветренной стороны).
- заклеить вентиляционные отверстия плотным материалом или бумагой.
- уплотнить двери мокрыми простынями, одеялами.
- неплотности в оконных проемах заклеить скотчем, пластырем, бумагой или уплотнить ватой, поролоном и т.п.
- подготовить индивидуальные средства защиты органов дыхания (ватно-марлевые повязки, смоченные в воде, 2-5%-ном растворе пищевой соды (для защиты от хлора), 2%-ном растворе лимонной или уксусной кислоты (для защиты от аммиака) респираторы, противогазы).
- не покидать помещения без разрешения.
- ожидать повторных сообщений об изменении обстановки.
- в дальнейшем действовать в соответствии с указаниями Управления по гражданской обороне чрезвычайным ситуациям и пожарной безопасности города.

6.3 Экологическая безопасность

В данном разделе проводится анализ возможных источников вредных воздействий техногенной деятельности при разработке и реализации ВКР на

компоненты окружающей среды (атмосферу, гидросферу и литосферу). [15, с.31]

Для проведения оценки воздействия производственной деятельности на окружающую среду следует выявить следующие пункты:

1. Существующие характеристики состояния окружающей среды в районе расположения объекта:

- тип климата - континентально-циклонический (переходный от европейского умеренно континентального к сибирскому резко континентальному).
- гидрологические параметры водных объектов соответствуют установленным нормам СанПиН 2.1.4.1074-01 "Питьевая вода...".
- состояние геологической среды: пересечённый рельеф, высокое стояние грунтовых вод, рыхлые горные породы, легко поддающиеся размыву, способствуют развитию оврагов, оползней.
- растительность: непосредственно близ помещения преобладают насаждения разнотравных типов, белые берёзы, тополь, сосна лесная и сибирская, ель сибирская. Однако лесной массив практически отсутствует из-за расположения объекта в черте города.
- животный мир представлен собаками, кошками и птицами.
- сельскохозяйственный характер использования земель района отсутствует.
- уровень существующего загрязнения компонентов среды различными веществами является приемлемым, хоть и загрязнение воздуха является повышенным. Рядом находится пивоваренный завод ОАО «Томское пиво», который в свою очередь является потенциальным источником воздушного загрязнения.

2. Виды, основные источники и интенсивность существующего техногенного воздействия в рассматриваемом районе:
 - состояние водной среды: качество воды на водоёмах не соответствует санитарным нормам.
 - сельскохозяйственная деятельность отсутствует.
3. Характер, объем и интенсивность предполагаемого воздействия производственной деятельности на компоненты окружающей среды в процессе реализации разработок и их эксплуатации:
 - данный вид производства не относится к тяжёлой промышленности и вредное воздействие на экологию сведено к минимуму.
 - потребление электроэнергии, воды и тепла не превышает стандартного уровня потребления для обычного административного здания или больницы.
 - воздействие объекта на атмосферу также сведено к минимуму, так как данный вид работ предполагает взаимодействие с электроникой, имеющей малые параметры массы и габаритов.

Теперь определим величину санитарно-защитной зоны предприятия [2]:

Так как данную разработку можно отнести к производству машин и приборов электротехнической промышленности, а также производству приборов для электрической промышленности, то данное предприятие можно отнести к 4 классу с санитарно-промышленной зоной в 100 метров.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе были проведены различные этапы проектирования и реализации устройства нейрокомпьютерного интерфейса. В первую очередь было проведено изучение необходимой зарубежной литературы по данной тематике. Исходя из полученных знаний и непосредственном участии научного руководителя было проведено проектирование прибора, а именно создания принципиальной схемы устройства. Был проведен расчёт элементной базы, а также проведено моделирование схемы активного электрода и блока усилителей и фильтров. Помимо этого был реализован начальный этап сборки устройства на печатной плате.

Были рассмотрены аспекты влияния данного устройства на окружающую среду и влияние на оператора в разделе «Социальная ответственность». Исходя из данного раздела, можно заключить, что данное устройство имеет мало вредных воздействующих факторов, а в некоторых случаях данные факторы отсутствуют.

В разделе Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» заключили, что разработка данного устройства имеет относительно малую себестоимость, что в свою очередь повышает доступность данного устройства в будущем.

В будущем планируется завершить создание рабочего прототипа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Модель ЭЭГ. Изучение принципов работы электроэнцефалографа [Текст]: Методическое руководство по выполнению лабораторных работ//НПО УЧЕБНОЙ ТЕХНИКИ «ТУЛАНАУЧПРИБОР» - 2012 г. – Тула. – (65 с.)
2. Architectures of laboratory-PC and mobile pocket PC brain-computer interfaces / G. Edlinger, G. Krausz, F. Laundl, I. Niedermayer and C. Guger. // Journal of Medical and Biological Engineering. - 2010. - Vol.30, №4. – P. 237-245.
3. Wireless system for long-term EEG monitoring of absence epilepsy / K. Ashwin, B. Whitchurch, H. Ashok, R. Vinod Kumaar, K. Sarukesi and V. K. Varadan // Proc.Biomedical Applications of Micro-and Nanoengineering, 4937 – 2002. – P. 343-349.
4. EEG-based Brain-computer Interface for Smart Living / Chin-Teng LinTeng, Fu-Chang Lin, Shi-An Chen An, Shao-Wei Lu, Te-Chi Chen, Li-Wei Ko // Department of Electrical Engineering,National ChiaoTung University, Hsinchu 300, Taiwan, ROC Brain Research Center, National ChiaoTung University, Hsinchu 300, Taiwan, ROC – 2010. – P.10.
5. Using novel MEMS EEG sensors in detecting drowsiness application / J. C. Chiou, L. W. Ko, C. T. Lin, C. T. Hong, T. P. Jung, S. F. Liang and J. L. Jeng // IEEE Int. Conf. in Biomedical Circuits & Systems. – 2006. – P.33-36.
6. Noninvasive neural prostheses using mobile and wireless EEG / C. T. Lin, L. W. Ko, J. C. Chiou, J. R. Duann, R. S. Huang, S. F. Liang, T. W. Chiu and T. P Jung // Proc. IEEE, 96. – 2008. – P. 1167-1183.
7. Brain-computer interface technology as a tool to augment plasticity and outcomes for neurological rehabilitation / Bruce H. Dobkin // J. Physiol. – 2007. – P. 637-642.

8. Control of a twodimensionalmovement signal by a noninvasive brain – computer interface in humans / Wolpaw JR & McFarland DJ // Proc Natl Acad Sci U S A. – 2004.
9. Neuronal mechanisms underlying control of a brain–computer interface / Hinterberger T, Veit R, Wilhelm B, Weiskopf N, Vatine J & Birbaumer N. // Eur J Neurosci. – 2005.
10. Neuronal internet: web surfing with brain potentials: Neurorehabil Neural Repair / Karim A, Hinterberger T, Richter J, Melinger J, Neumann N, Flor H, Kubler A & Birbaumer N // Neurorehabil Neural Repair. – 2006. – P. 498–503.
11. Lesiuk, T / The effect of music listening on work performance / Psychol. Music. – 2005. – P.173–191.
12. Design of a Mobile Brain Computer Interface-Based Smart Multimedia Controller / Kevin C. Tseng, Bor-Shing Lin, Alice May-Kuen Wong and Bor-Shyh Lin // Sensors. – 2015. – P.13
13. Monitoring system of neuronal activity and moving activity without restraint using wireless EEG, NIRS and accelerometer / Iramina, K.; Matsuda, K.; Ide, J.; Noguchi // IEEE EMBS Conference on Biomedical Engineering and Sciences (IECBES). – 2010. – P. 481-484.
14. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение : учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
15. Социальная ответственность [Текст]: Методические указания к выпускной квалификационной работе/В.Н. Извеков, М.Э. Гусельников, Н. В. Крепша, В.Ф. Панин. – Томск. Изд. ТПУ, 2006 – 31 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Раздел 2

Объект и методы исследования

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д21	Топоев Артём Борисович		

```

#include "stm32f4xx.h"
#include "stm32f4xx_rcc.h"
#include "stm32f4xx_gpio.h"
#include "stm32f4xx_adc.h"
#include "stm32f4xx_tim.h"

int data=0,i=0, sum=0, average=0, mas[10]; //объявление переменных

ADC_InitTypeDef ADC_InitStructure; //объявление структуры настройки АЦП
ADC_CommonInitTypeDef ADC_CommonInitStructure; //объявление
структуры общей настройки АЦП
GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure; //объявление структуры настройки
портов
TIM_TimeBaseInitTypeDef TIM_InitStructure; //объявление структуры
настройки таймера

//основная программа
int main(void)
{
RCC_AHB1PeriphClockCmd(RCC_AHB1Periph_GPIOA|RCC_AHB1Periph_GP
IOD, ENABLE); //тактирование портов
RCC_APB2PeriphClockCmd(RCC_APB2Periph_ADC1|RCC_APB2Periph_TIM
8, ENABLE); //тактирование таймера TIM8 и АЦП1

//настройка PA1 на аналоговый вход (вход АЦП)
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_1; //выбор настраиваемых выводов
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_AN; //режим - аналоговый (для
АЦП)
GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_NOPULL; //без подтягивающего
резистора
GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure); //заполнение объявленной
структуры

//настройка порта D на вывод (светодиоды платы STM32F4Discovery)
GPIO_InitStructure.GPIO_Pin = GPIO_Pin_12 | GPIO_Pin_13| GPIO_Pin_14|
GPIO_Pin_15; //выбор настраиваемых выводов
GPIO_InitStructure.GPIO_Mode = GPIO_Mode_OUT; //режим - вывод
GPIO_InitStructure.GPIO_OType = GPIO_OType_PP; //тип - push-pull
GPIO_InitStructure.GPIO_Speed = GPIO_Speed_100MHz; //выбор
максимальной частоты
GPIO_InitStructure.GPIO_PuPd = GPIO_PuPd_NOPULL; // без
подтягивающего резистора
GPIO_Init(GPIOD, &GPIO_InitStructure); //заполнение объявленной
структуры

```

```

//настройка таймера
TIM_InitStructure.TIM_RepetitionCounter = 0; //значение счетчика повторений
TIM_InitStructure.TIM_Prescaler = 260; //значение предварительного делителя
TIM_InitStructure.TIM_Period = 250; //величина периода
TIM_InitStructure.TIM_ClockDivision = 0; //деление частоты
TIM_InitStructure.TIM_CounterMode = TIM_CounterMode_Up; //режим счета
вверх
TIM_TimeBaseInit(TIM8, &TIM_InitStructure); //заполнение объявленной
структуры
TIM_SelectOutputTrigger(TIM8, TIM_TRGOSource_Update); //выбор выхода
запуска

```

```

//настройка АЦП
ADC_CommonInitStructure.ADC_Mode = ADC_Mode_Independent; //режим
независимого преобразования
ADC_CommonInitStructure.ADC_Prescaler = ADC_Prescaler_Div2;
//предварительный делитель
ADC_CommonInitStructure.ADC_DMAAccessMode =
ADC_DMAAccessMode_Disabled; //без прямого доступа к памяти
ADC_CommonInitStructure.ADC_TwoSamplingDelay =
ADC_TwoSamplingDelay_5Cycles; //задержка между двумя выборками
ADC_CommonInit(&ADC_CommonInitStructure); //заполнение объявленной
структуры

```

```

ADC_InitStructure.ADC_Resolution = ADC_Resolution_12b; //12 битный
результат
ADC_InitStructure.ADC_ScanConvMode = DISABLE; //без сканирования
ADC_InitStructure.ADC_ContinuousConvMode = DISABLE; //непрерывное
преобразование запрещено
ADC_InitStructure.ADC_ExternalTrigConvEdge =
ADC_ExternalTrigConvEdge_Rising; //запуск передним фронтом сигнала
ADC_InitStructure.ADC_ExternalTrigConv =
ADC_ExternalTrigConv_T8_TRGO; //выбор запускающего сигнала
ADC_InitStructure.ADC_DataAlign = ADC_DataAlign_Right; //выравнивание
по правому краю
ADC_InitStructure.ADC_NbrOfConversion = 1; //одно преобразование
ADC_Init(ADC1, &ADC_InitStructure); //заполнение объявленной структуры

```

```

//настройка регулярного канала АЦП1, канал 1, PA1
ADC_RegularChannelConfig(ADC1, ADC_Channel_1, 1,
ADC_SampleTime_3Cycles);
ADC_ITConfig(ADC1, ADC_IT_EOC, ENABLE); //включение прерываний по
завершению преобразования

```

```

//разрешение прерывания от АЦП

```

```

NVIC_EnableIRQ (ADC_IRQn);
TIM_Cmd(TIM8, ENABLE); //включение таймера

ADC_Cmd(ADC1, ENABLE); //включение АЦП 1

while(1)
{
}

} //main

//обработчик прерывания АЦП
void ADC_IRQHandler(void)
{
data=ADC_GetConversionValue(ADC1);           //получение           результата
преобразования
ADC_ClearFlag(ADC1, ADC_FLAG_EOC); //Сброс флага
GPIO_ToggleBits(GPIOD,GPIO_Pin_12|           GPIO_Pin_13|
GPIO_Pin_14|GPIO_Pin_15); //
sum=0;
for (i=1;i<10;i++)
    mas[i-1]=mas[i];
mas[9]=data;
for (i=0;i<10;i++)
    sum=(sum+mas[i]);
average=sum/10;
}

```

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Раздел 2

Объект и методы исследования

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Д21	Топоев Артём Борисович		

Консультант кафедры ПМЭ:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата