

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

---

Институт неразрушающего контроля  
Направление подготовки – Электроника и наноэлектроника  
Кафедра промышленной и медицинской электроники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Система управления аудиометром</b>

УДК 616.28-072.7-76:616.07

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А31	Зубова Екатерина Игоревна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Торгаев С. Н.	к.ф.-м.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко В. С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Анищенко Ю. В.	к. т. н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ПМЭ	Ф.А. Губарев	к.ф.-м.н., доцент		

Томск – 2017 г.

## Планируемые результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения
<b>Профессиональные компетенции</b>	
Р1	Применять базовые и специальные естественнонаучные, математические, социально-экономические и профессиональные знания в комплексной инженерной деятельности при разработке, производстве, исследовании, эксплуатации, обслуживании и ремонте современной высокоэффективной электронной техники
Р2	Ставить и решать задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей
Р3	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
Р4	Выполнять комплексные инженерные проекты по разработке высокоэффективной электронной техники различного назначения с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений
Р5	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
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование в предметной сфере электронного приборостроения, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды

Универсальные компетенции	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности
P8	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, проявлять навыки руководства группой исполнителей, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач
P10	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и готовность следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности
P11	Демонстрировать знание правовых социальных, экологических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности
P12	Проявлять способность к самообучению и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности

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

---

Институт международного образования и языковой коммуникации  
Направление подготовки (специальность) 210100 «Электроника и наноэлектроника»  
Кафедра промышленной электроники

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой ПМЭ  
\_\_\_\_\_  
(Подпись)      \_\_\_\_\_ (Дата)      Ф.А. Губарев  
(Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

дипломной работы

Студенту:

Группа	ФИО
1А31	Зубовой Екатерина Игоревна

Тема работы:

Система управления аудиометром

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10 июня 2017 г.

**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.).*

Объектом исследования является тональный аудиометр.

Стоит задача в создании системы управления тональным аудиометром.

Исходные данные к работе:

Напряжение питания – 5-15 В

Реализовать метод тональной аудиометрии

Устройство включает в себя кнопку запуска и кнопку отклика пациента

При проектировании принципиальной схемы предусмотреть разъем для программирования микроконтроллера

	Обеспечить управление устройством с ПК Передавать в ПК результаты исследований
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Обзор литературы  Выбор и обоснование структурной схемы устройства  Анализ и расчет принципиальной схемы  Социальная ответственность  Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение  Заключение
<b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко В. С.
Социальная ответственность	Анищенко Ю. В.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	01.02.2016 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Торгаев С. Н.	к.ф.-м.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А31	Зубова Екатерина Игоревна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 115с., 31 рис., 15табл.,  
источников, 3 приложения.

37

Ключевые слова: тональная пороговая аудиометрия, субъективные методики аудиометрии, аудиометр, аттенюатор, цифровой резистор.

Объектом исследования является система управления аудиометром.

Цель работы – реализовать методику тональной пороговой аудиометрии.

В процессе исследования проводились разработка структурной и принципиальной схемы устройства, разработка программного обеспечения для управления устройством и получения результатов обследования.

В результате исследования была предложена принципиальная схема устройства, разработано программное обеспечение для проведения обследования и фиксации полученных результатов. Устройство было протестировано, получены экспериментальные данные.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: генератор синусоидальных сигналов с дискретно изменяющейся частотой от 125 до 8000 Гц. Программа для автоматического построения аудиограммы и расчёта порога слышимости. Двухсторонняя связь устройства с компьютером через UART интерфейс.

Степень внедрения: разработанное устройство может быть внедрено в курс лабораторных работ по направлению «биомедицинские системы и технологии».

Область применения: разработанное устройство может применяться для диагностики слуха в поликлиниках, амбулаториях, медпунктах, сурдокабинетах.

В будущем планируется реализовать дополнительные методики тональной аудиометрии, например, тональную надпороговую аудиометрию.

## **Определения**

В данной работе применены следующие термины соответствующими определениями:

Микропроцессор — микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами.

Микросхема — электронная схема произвольной сложности, изготовленная на полупроводниковой подложке и помещенная в неразборный корпус или без последнего.

## **Нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

СанПиН 2.2.4.1191–03. Электромагнитные поля в производственных условиях.

СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

## **Обозначения и сокращения**

UART – Universal Asynchronous Receiver/Transmitter

SPI – Serial Peripheral Interphase

USB – Universal Serial Bus

АЧХ – амплитудно-частотная характеристика

ЭЭГ – электроэнцефалография

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь

ОЗУ – оперативное запоминающее устройство

ФНЧ – фильтр низких частот

## Оглавление

Введение.....	11
1.Обзор литературы .....	12
1.1. Методика тональной аудиометрии.....	12
1.2. Обзор аудиометров.....	17
1.3.Наушники для проведения аудиометрии.....	19
1.4.Обзор аттенюаторов.....	23
1.5.Микроконтроллер STM32F4.....	30
Выводы по первой главе.....	33
2.Выбор и обоснование структурной и принципиальной схемы .....	35
2.1. Разработка структурной схемы аудиометра.....	35
2.2.Разработка принципиальной схемы аудиометра.....	39
2.2.1.Стабилизатор напряжения.....	39
2.2.2.Выбор микроконтроллера и схемы преобразователя USB- UART.....	40
2.2.3.Разработка схемы формирования аудиосигналов.....	43
Выводы по второй главе.....	48
3.Разработка программного обеспечения для микроконтроллера и ПК.....	49
3.1.Интерфейс программы на ПК.....	49
3.2.Алгоритм работы программы на ПК.....	52
3.3.Алгоритм работы программы на микроконтроллере.....	54
Выводы по третьей главе.....	57
4.Экспериментальное исследование макета аудиометра.....	58
4.1.Иллюстрация работы схемы.....	58
4.2.Изменения значения частот.....	61
4.3.Изменения значения амплитуд.....	64
Выводы по четвертой главе.....	66

5. Социальная ответственность.....	68
5.1. Производственная безопасность.....	70
5.1.1. Анализ вредных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	71
5.1.1.1. Отклонение параметров микроклимата.....	71
5.1.1.2. Недостаточная освещенность рабочей зоны.....	73
5.1.1.3. Вредные вещества в воздухе рабочей зоны.....	74
5.1.2. Анализ опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	75
5.1.2.1. Электрический ток.....	75
5.1.2.2. Термическая опасность.....	77
5.1.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при эксплуатации объекта исследования..	78
5.2. Экологическая безопасность.....	79
5.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	80
5.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности....	82
5.4.1. Специальные нормы трудового законодательства.....	82
5.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	82
Выводы по пятой главе.....	83
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	84
6.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	85
6.1.1. Потенциальные потребители ресурсов исследования.....	85
6.1.2. Анализ конкурентных технических решений.....	85
6.1.3. SWOT-анализ.....	87
6.2. Планирование научно-исследовательских работ.....	92
6.2.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	92

6.2.2.Определение трудоемкости выполнения работ.....	95
6.2.3.Разработка графика проведения научного исследования.....	96
6.2.4.Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	99
6.2.4.1.Расчет материальных затрат НТИ.....	99
6.2.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	100
6.2.4.3.Основная заработная плата исполнителей темы.....	101
6.2.4.4.Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	103
6.2.4.5.Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	103
6.2.4.6. Накладные расходы.....	104
6.2.4.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	104
6.3.Определение социальной, ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности исследования.....	105
Выводы по шестой главе.....	105
Заключение .....	106
Список использованной литературы и источников.....	107
Приложение .....	110

## Введение

Аудиометрией называется процедура проверки остроты слуха. Выполняется она при помощи специального электроакустического прибора – аудиометра. Этот прибор позволяет оценить пороги восприятия звука в диапазоне частот от 125 Гц до 8 кГц, построить аудиограмму и при необходимости настроить слуховой аппарат на каждой из октавных частот.

Актуальность разработки аудиометров обоснована высокой заболеваемостью слухового анализатора как у людей старшего поколения, так и детей. Так, согласно данным сайта Федеральной службы государственной статистики России в промежутке с 2000 по 2014 гг. среднее количество лиц, впервые признанных инвалидами с болезнями уха и сосцевидного отростка, ежегодно составляет 9.5 тысяч человек [1]. Диагностика – первый и самый ответственный этап процесса восстановления здоровья человека, поскольку на ранней стадии заболевания наиболее вероятен успех терапии.

На сегодняшний день аудиометрия широко используется для оценки состояния слуха пациентов в поликлиниках, амбулаториях, медпунктах, МСЧ, приемных отделениях больниц и госпиталей, сурдокабинетах и сурдоцентрах.

Существует множество субъективных и объективных методик определения остроты слуха. В нашей работе мы поставили цель – реализовать тональный аудиометр, поскольку тональная аудиометрия является базовой методикой и используется во всех сложных приборах для исследования слухового анализатора.

Основным управляющим элементом разрабатываемого прибора является микроконтроллер *STM32F407VGT6*, с помощью которого реализуется связь аудиометра с компьютером, генерируется синусоидальный сигнал, осуществляется управление величиной сопротивления цифрового резистора, а также реализуется управление правым и левым каналом наушников *MDR-ZX310*.

## **1. Обзор литературы**

Все методы исследования слуха можно разделить на субъективные и объективные. Субъективные методы – это методы, требующие непосредственного осознанного участия пациента. Эта группа включает в себя тональную, речевую и надпороговую аудиометрию. Тональная пороговая аудиометрия позволяет оценить степень тугоухости и правильно настроить слуховой аппарат под каждую октавную частоту; с помощью речевой аудиометрии оценивают процент разборчивости слов; надпороговая аудиометрия помогает определить место поражения слухового анализатора.

Объективные методы применяются в случае, когда пациент не может давать четких ответов. Объективные методы исследования слуха – это в основном компьютерная аудиометрия (ASSR и КСВП тесты). Следует отметить, что объективные методы являются более точными.

### **1.1 Методика тональной аудиометрии**

Тональная аудиометрия использует два способа определения порогового уровня слышимости: по воздушной проводимости и по костной проводимости. В аудиометрии по костной проводимости тестовый сигнал воспроизводят воздействием костного осциллятора на сосцевидный отросток или на лобную кость испытуемого.

В основе методики определения порогов по воздушному звукопроводению лежит предъявление чистого тона одной частоты (обычно начинают с частоты 1000 Гц) при каждом исследовании, начиная с интенсивности, легко идентифицируемой испытуемым. Постепенно

снижается уровень интенсивности стимуляции (нисходящая методика) шагом в 10 дБ до исчезновения его восприятия. Уровень интенсивности затем повышается шагом в 5 дБ до возникновения слухового ощущения (восходящая техника). Для точного определения порогов эти операции повторяются. Значения порога наносятся на бланк аудиограммы. Принято предъявлять тоны различных частот в следующей последовательности: 1000, 2000, (3000), 4000, (6000), 8000, 500, 250, 125 Гц.

За нулевой уровень интенсивности ( $N = 0$  дБ) условились принимать интенсивность звука, равную  $I_0 = 10^{-12}$  Вт/м<sup>2</sup>. Эта интенсивность близка, но не равна, порогу слышимости для нормального слуха на частоте 1 кГц [1].

Прежде чем приступить к измерениям пороговых значений, следует предъявить испытуемому тестовый сигнал, уровень которого достаточно высок, чтобы заведомо вызвать у испытуемого соответствующую реакцию. Тестовый тональный сигнал должен быть непрерывным и иметь длительность от 1 до 2 с. При наличии реакций испытуемого интервал между предъявлениями сигналов изменяют, но он не должен быть меньше длительности сигнала.

Ниже описана последовательность действий при проведении тональной аудиометрии. Данная последовательность лежит в основе алгоритма работы программы, которая служит для автоматического построения аудиограммы и вывода ее на экран с последующим сохранением и интерпретацией полученных результатов.

#### а) Шаг 1

Для первого предъявления выбирают уровень тона на 10 дБ ниже минимального уровня, при котором была зарегистрирована реакция испытуемого на стадии его ознакомления с тестовыми сигналами. После этого уровень тона последовательно повышают с шагом 5 дБ до тех пор, пока не будет получена реакция испытуемого [2].

#### б) Шаг 2

Устанавливаются два метода аудиометрических испытаний: метод границ и метод восходящих рядов. Различие этих методов состоит только в порядке предъявления тонов разных уровней испытуемому.

#### Метод восходящих рядов

После появления реакции (шаг 1) уменьшают уровень тона с шагом 10 дБ до тех пор, пока он не перестанет восприниматься испытуемым. После этого начинают новую серию последовательных увеличений уровня тона с шагом 5 дБ. Серии предъявлений тестовых сигналов по восходящему ряду уровней продолжают до тех пор, пока не будут получены три реакции испытуемого, соответствующие одному и тому же уровню тона. Этот уровень принимают за пороговый уровень прослушивания. При этом общее число серий не должно быть более пяти.

Сокращенный вариант метода восходящих рядов: для трех серий испытаний необходимо получить две реакции на одном и том же уровне предъявленного тона.

#### Метод границ

После появления реакции (шаг 1) увеличивают уровень предъявляемого тона на 5 дБ, начиная с которого последовательно уменьшают уровень тона с шагом 5 дБ до тех пор, пока предъявляемый тон не перестанет восприниматься испытуемым. После этого уровень тона понижают еще на 5 дБ, с которого начинают новую серию последовательных увеличений уровня тона с шагом 5 дБ. Испытания продолжают, пока не будут получены по три серии предъявления тестовых сигналов по восходящему и нисходящему ряду уровней.

#### с) Шаг 3

Переходят к следующей частоте предъявляемого тона, испытания на которой начинают с уровня слышимого сигнала, полученного по завершении

шага 2, и для данной частоты повторяют последовательность действий шага 2. Таким образом испытания проводят для всех частот на одном ухе.

После завершения испытаний на всех тестовых частотах повторяют измерения на частоте 1000 Гц. Если полученный результат будет отличаться от результата первоначального измерения на той же частоте не более чем на 5 дБ, то испытания для данного уха считают завершенными и переходят к испытаниям на другом ухе.

Если разность (по модулю) составила 10 дБ и более, то переходят к измерениям на следующих тестовых частотах, повторяют всю процедуру испытаний и возвращаются к измерениям на частоте 1000 Гц. Этот цикл повторяют до тех пор, пока расхождение в результатах двух последних измерений на этой частоте не станет равным 5 дБ и менее.

d) Шаг 4

Вышеуказанную процедуру повторяют для другого уха.

e) Шаг 5

Далее производится расчет порогового уровня прослушивания.

Расчет для метода восходящих рядов: для каждой частоты и для каждого уха определяют наименьший уровень тона, при котором наблюдалась реакция испытуемого в более половины серий. Этот уровень принимают за пороговый уровень прослушивания.

Расчет для метода границ: для каждой частоты и для каждого уха вычисляют среднее арифметическое наименьших уровней тона для серий по восходящему ряду и для серий по нисходящему ряду. Среднее из вычисленных значений, округленное до ближайшего значения, кратного 5 (дБ), принимают за пороговый уровень прослушивания.

f) Шаг 6

Значения порогов наносятся на бланк аудиограммы. По горизонтали фиксируется частота тона в герцах. По вертикали – интенсивность тона в децибелах относительно средних нормальных порогов слуха, принятых за ноль. Кривые воздушного звукопроведения изображают сплошной линией, кривые костного проведения – пунктиром. Пороги правого уха обычно обозначают точками, левого – крестиками [3].

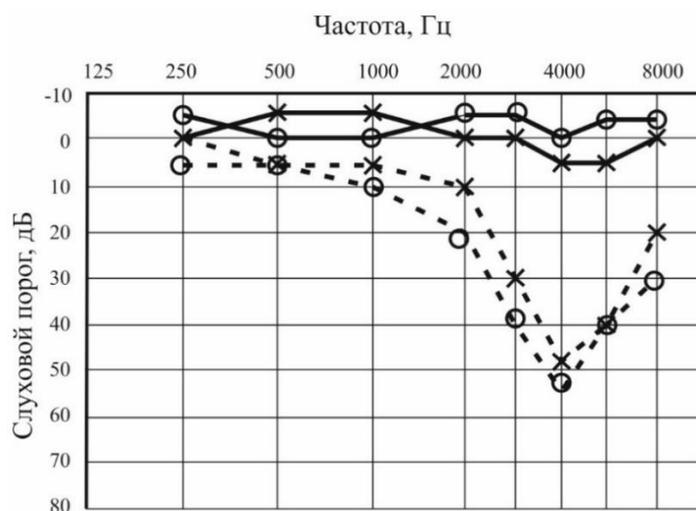


Рис. 1.1 – Пример аудиограммы

Аудиограмма дает фундаментальное описание слуховой чувствительности. Согласно международной классификации тугоухости, для расчета степени поражения слуха требуется сложить четыре величины – наименьшую слышимую интенсивность звука на 500, 1000, 2000 и 4000 Гц и поделить на 4, чтобы получить среднее арифметическое значение по формуле

$$I = \frac{I(500) + I(1000) + I(2000) + I(4000)}{4} . \quad (1)$$

Выбор именно этих частот обоснован тем, что они являются основными речевыми частотами. По рассчитанному среднему значению определяют степень тугоухости в соответствии с таблицей 1.1.

Таблица 1.1 – Степени тугоухости

Степень	Пределы нарушения, дБ
I	26–40
II	41–55
III	56–70
IV	71–90
Зона глухоты	> 91

## 1.2 Обзор аудиометров

В ходе работы были рассмотрены различные типы аудиометров с целью выяснить современный уровень реализации этих приборов. Основные производители аудиометров - Maico (Германия), Interacoustics (Дания), GSI (США), Нейрософт (Россия). Для сравнения были выбраны два аудиометра: MA42 (Maico), AD226 (Interacoustics). Данные аудиометры реализуют только субъективные методы аудиометрии. Приборы позволяют проводить тестирование воздушной проводимости с помощью наушников, костной проводимости – с помощью приемника. В приборах реализовано подключение к ПК через USB соединение и обработка данных аудиограмм с помощью специальных баз данных. Также имеется возможность переноса данных с аудиометра на компьютер.

Стандартная комплектация аудиометров: наушники аудиометрические, приемник костной проводимости, выключатель ответной реакции больного, микрофон с гибким штативом, шнур питания, блокнот с бланками аудиограмм. Основные характеристики приборов представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Основные характеристики аудиометров

	МА42	AD 226
Воздушная проводимость	от -10 до 120 Дб	от -10 до 120 Дб
Костная проводимость	от -10 до 80 Дб	от -10 до 80 Дб
Шаги уровня	1, 2, 5 Дб	1, 2, 5 Дб
Предъявляемый тон		Чистый тон, пульсирующий тон, вибрирующий тон
Сигналы маскировки	Узкополосный шум, белый шум, речевой шум	Узкополосный шум, широкополосный шум
Тональные тесты	HL, UCL, усиленный	
Надпороговые тесты:	SISI, Decay, ABLB, MLB, Stenger, Langenbeck	ABLB, Stenger, Langenbeck, тест Бекеша.
Интерфейс ПК	USB	USB
Габаритные размеры	34.5 x 20 x 8 см	30 см x 23 см x 9 см
Вес	1,5 кг	2,1
Напряжение питания	Mains 100-240 V~, 50/60 Hz ± 10%	
Опции:	Высоко тональная аудиометрия до 20 кГц (AC)	
Цена	220 000	162 547

Рассматриваемые устройства отличаются количеством реализуемых аудиометрических тестов, причем аудиометры имеют возможность проводить не только тональные, но и надпороговые тесты. Еще одно отличие – сигналы

маскировки. Белый шум – является основным маскирующим сигналом и реализован в обоих рассматриваемых аудиометрах.

Выбранные приборы имеют небольшой вес и массогабариты, что соответствует основным тенденциям в разработке аудиометров. В последнее время производители нацелены на производство компактных, но при этом функциональных приборов с большим количеством реализуемых тестов и автоматизированной системой получения результатов обследования.

Также сейчас существуют аудиометры, совмещающие в себе множество объективных и субъективных методов. Например, современный прибор «Нейро-аудио» имеет полный набор объективных и субъективных методик для диагностики уровня поражения слухового и вестибулярного анализаторов: регистрация КСВП, ASSR, средне- и длиннолатентных слуховые вызванных потенциалов мозга (ССВП и ДСВП), задержанной вызванной отоакустической эмиссии (ЗВОАЭ), отоакустической эмиссии на частоте продукта искажения (ПИОАЭ), спонтанной отоакустической эмиссии (СОАЭ), электрокохлеографии (ЭКохГ), вестибулярных миогенных вызванных потенциалов (ВМВП), когнитивных вызванных потенциалов (P300, MMN), а также тональная аудиометрия. Все эти функции реализованы в компактном корпусе. Но необходимо помнить, что стоимость такого прибора невероятно высока и не всегда требуется совмещения такого количества методик одновременно, выбор аудиометра всегда должен соответствовать конкретным поставленным задачам.

### **1.3 Наушники для проведения аудиометрии**

При проведении аудиометрических исследований необходимо использование специальных наушников, имеющих равномерную амплитудно-

частотную характеристику в широком диапазоне частот. Основные параметры наушников: рабочий диапазон частот, импеданс, чувствительность.

Диапазон частот говорит о том, какие частоты могут быть воспроизведены устройством. Человек слышит в диапазоне 20 Гц – 20 кГц. Наушники, превышающие этот диапазон, имеют более высокое качество звука, нежели наушники с узким диапазоном. Для проведения аудиометрии (в особенности, высокочастотной аудиометрии) важно, чтобы частоты, на которых происходит измерение, «не выпадали», поэтому частотный диапазон выбранных наушников должен иметь запас по сравнению со слышимым диапазоном. Кроме того, это обеспечит меньшие искажения при воспроизведении граничных частот слышимого диапазона.

От импеданса зависит громкость воспроизведения и уровень энергопотребления наушников. Чем выше импеданс, тем тише будут звучать наушники (при одинаковой чувствительности), и тем меньше будет энергопотребление. Также высокий импеданс способствует повышению качества воспроизведения, улучшая соотношение сигнал/шум.

Коэффициент нелинейных искажений (КНИ) определяет точность передачи звука. Зависит от внутренних паразитных резонансов, отражений и прочих факторов искажения сигнала. Приемлемым (и чаще всего указываемым) является значение  $<1\%$ , однако методика замеров КНИ фактически среди производителей не стандартизирована.

Чувствительность наушников характеризует их громкость. Обычно выражается в дБ/мВт. К сожалению, из-за отсутствия жесткого стандарта к конструкции измерительного стенда, у разных производителей чувствительность наушников не сопоставима.

В таблице 3 представлены параметры аудиометрических наушников, производимых фирмами Telephonics (США) и Sennheiser (Германия).

Таблица 1.3 – Технические характеристики аудиометрических наушников

Модель	TDH39 [8].	HDA280 [9]
Амбушюры	Supra-aural	Supra-aural
Диапазон частот	100 – 8000 Гц	20 – 20000 Гц
Сопротивление	10 Ом	37 Ом
Чувствительность (при 1 кГц, 1 Вт)	108±4 дБ	117 дБ
КНИ (при 1 КГц, 100 дБ)	< 1 %	< 0,7 %
Контактное давление	–	5 Н
Ориентировочная стоимость	210 \$ (200 €)	205 \$ (195 €)

Объективную картину качества наушников можно увидеть по амплитудно-частотной характеристике (АЧХ). Она демонстрирует зависимость относительного коэффициента передачи, выраженного в децибелах, от частоты. За опорный уровень (0 дБ) обычно берется коэффициент в области 1 кГц.

Заметим отличительную черту профессиональных аудиометрических наушников: на низких частотах они имеют ровную АЧХ. Это доказывают приведенные ниже характеристики для наушников TDH39 и HDA280. Обычные наушники, как правило, имеют в этом диапазоне частот завалы из-за возникновения любого воздушного зазора между ухом и наушником.

Поскольку аудиологические исследования проводят на частотах от 125 Гц до 8 кГц, то и амплитудно-частотные характеристики представленных наушников лишь немного превышают указанный диапазон.

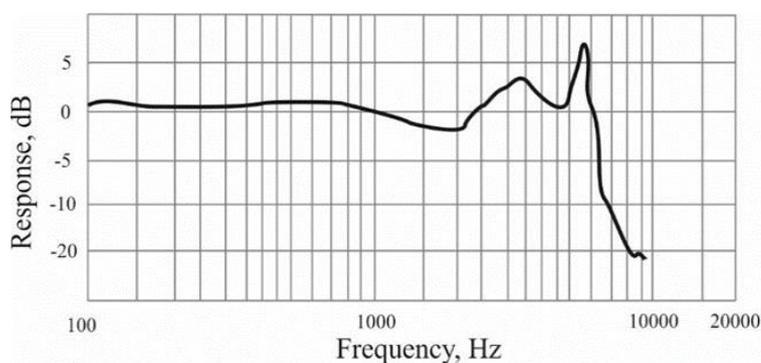


Рис. 1.2 – АЧХ аудиометрических наушников TDH-39P

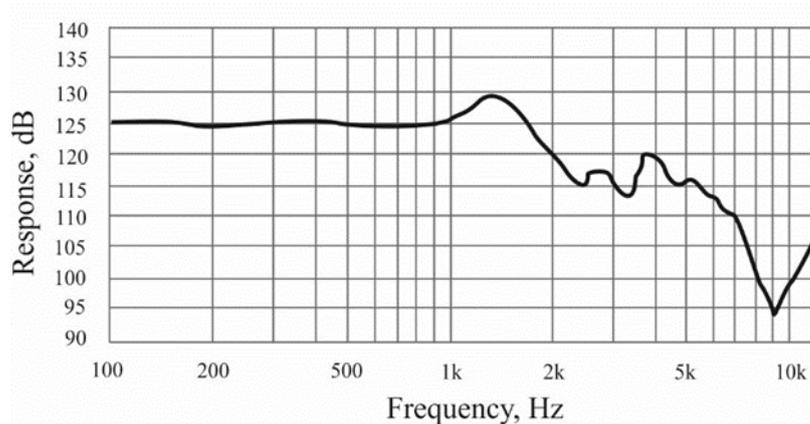


Рис. 1.3 – АЧХ аудиометрических наушников HDA 280

Для целей аудиометрии также необходимо знать передовые технические характеристики: характеристику затухания окружающего звука для определения максимально допустимого уровня окружающего шума (MPANL), линейность реакции на напряжение и стандартный эквивалент пороговых уровней звукового давления (RETSPL) [4].

Важной технической характеристикой наушников является форма амбушюров. Следует различать Supra-aural и Circum-aural амбушюры. «Supra-aural» означает, что подушка наушника сидит прямо на ушной раковине и оказывает на нее давление. Circum-aural амбушюры окружают ухо, что делает их более удобными для пациента. По сравнению с Circum-aural, амбушюры Supra-aural имеют много утечек и не обладают хорошим шумоподавлением.

Помимо закрытых наушников с формой амбушюр Supra-aural и Circum-aural для аудиометрии применяются внутриушные наушники, например, ER-3A фирмы Etymotic Research (США). Наконечники таких наушников окружены поролоновыми подушечками. Перед помещением в ухо их сжимают, а затем они расправляются, плотно закупоривая ушной канал. Поролоновыми подушечки предназначены для одноразового использования и должны быть заменены новыми для каждой тестовой сессии.

Достоинство внутриушных наушников в том, что они обеспечивают хорошее разделение звука между ушами по всему диапазону частот испытания. Это устраняет потребность в шумовой маскировке, которую применяют в случаях, когда пациент имеет большое различие в восприятии звуков левым и правым ухом. Кроме того, использование внутриушных наушников снижает требования к звукоизоляции помещения, в которых проводятся аудиологические исследования [5]. Внутриушные наушники незаменимы при тестировании глубоко глухих пациентов с «левоугловыми аудиограммами», где реакция на звуковой стимул от наушников TDH-39 часто вибротактильная, а не слуховая.

Амплитудно-частотная характеристика Supra-aural наушников TDH-39 не существенно отличается от наиболее распространенных клинических аудиометрической внутриушных наушников ER-3A. Дело в том, что ER-3A были специально разработаны, чтобы имитировать амплитудно-частотную характеристику TDH-39. Таким образом, эти наушники являются взаимозаменяемыми.

#### **1.4 Обзор аттенюаторов**

В любом современном аудиометре для регулирования звукового сигнала используется аттенюатор. Аттенюаторы представляют собой в основном резистивные схемы, выполняющие следующие функции: согласование различных импедансов и понижение уровня сигнала. Существуют три основные группы моделей аттенюаторов: с фиксированным значением ослабления, с плавным и с дискретным его изменением. Каждая модель может быть выполнена в корпусе для поверхностного монтажа, иметь коаксиальное или волноводное исполнение и отличаться особыми свойствами.

Классификация приведена на рисунке 1.4.

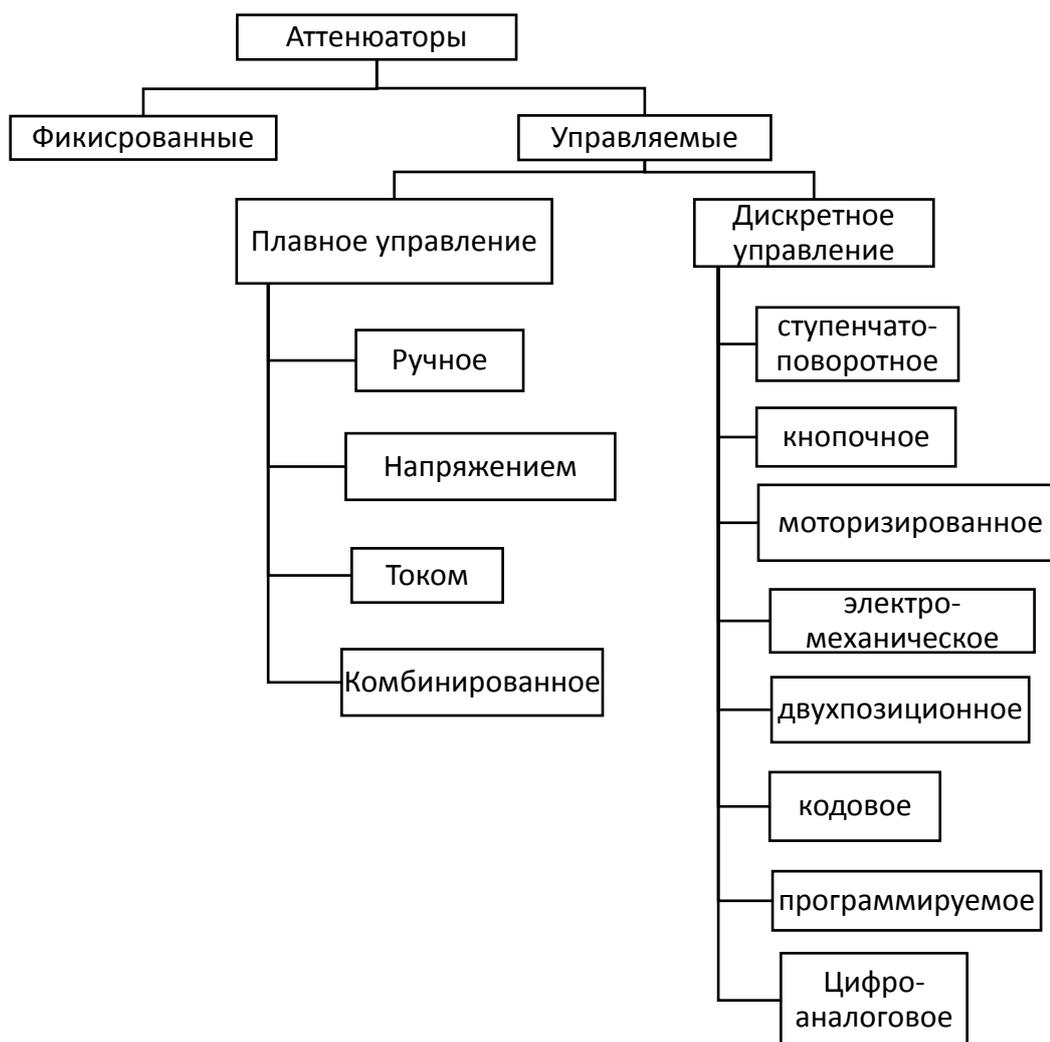


Рис. 1.4 – Классификация аттенюаторов

Рассмотрим основные группы аттенюаторов.

Пассивные аттенюаторы с фиксированным ослаблением, или фиксированные аттенюаторы, часто выполняются на основе взаимной резистивной цепи Т- или П-конфигурации.

На сайтах некоторых компаний-производителей аттенюаторов (например, Amplifonix) можно найти таблицы или калькуляторы, позволяющие быстро рассчитать нужные номиналы элементов таких схем.

Для плавного изменения ослабления обычно используются одно- или Т- и П-образные схемы, где активные поглотители выполняются на широкополосных р-і-n-диодах или полевых транзисторах с управляемым смещением. В электронных регуляторах потенциометрического типа в качестве управляемых сопротивлений используются диоды, фотосопротивления, биполярные и полевые транзисторы.

В диодном потенциометрическом регуляторе (рис. 1.5) в качестве управляемых со используются диоды. Диапазон регулирования диодных аттенуаторов достигает 40дБ при токах регулирования (0...2.2)мА. Диодным регуляторам свойственны существенные недостатки:

- отсутствие развязки цепей управления и сигнала;
- значительная мощность, потребляемая цепью управления;
- существенные нелинейные искажения сигнала при большом затухании.

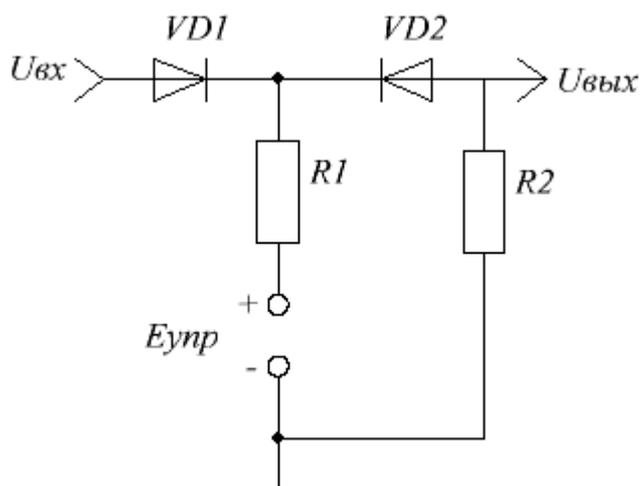


Рис. 1.5 – Диодный потенциометрический регулятор

Подобными свойствами обладает и аттенуатор на биполярном транзисторе, т.к. переходы транзистора выполняют функции диодов. Электронный регулятор на основе оптрона обеспечивает практически идеальную развязку цепей управления и сигнала, но требует затраты значительной мощности в цепи управления светодиодом.

По совокупности свойств наилучшими показателями обладает регулятор на основе полевого транзистора, используемого в качестве управляемого сопротивления. (рис. 1.6)

Цепь управления практически не потребляет мощности ввиду практического отсутствия тока затвора у ПТ. Поскольку в цепи сигнала нет р-п переходов, а имеется лишь омическое сопротивление, то нелинейные искажения, вносимые подобным аттенюатором, минимальны.

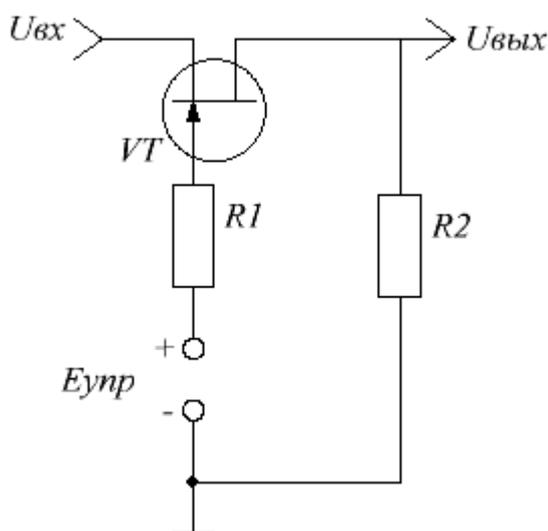


Рис. 1.6 – Регулятор на основе полевого транзистора

Также возможно включение электронного регулятора в цепь ООС. Примером подобного решения может служить регулятор на основе ОУ, в цепь ООС которого включен полевой транзистор, используемый в качестве управляемого сопротивления. (рис. 1.7)

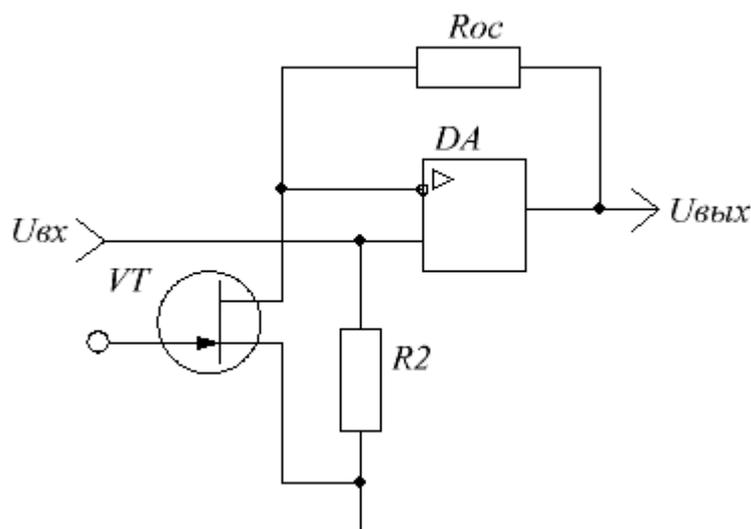


Рис. 1.7 – Регулятор на основе ОУ

Напряжение управления  $E_{упр}$  в рассмотренных электронных регуляторах можно менять в необходимых пределах с помощью переменного резистора. Из-за развязки цепи управления и цепи сигнала влияние соединительных проводников будет минимальным [6].

В группу аттенуаторов с дискретным управлением входят самые разнообразные аттенуаторы, позволяющие смягчить противоречие между стабильностью значения ослабления в диапазоне рабочих частот и в интервале дестабилизирующих факторов с одной стороны, и возможностью быстрого изменения ослабления в широких пределах, с другой. Для нас наибольший интерес в этой группе представляют аттенуаторы с цифровым управлением. Зачастую такие аттенуаторы выполняются на цифровых потенциометрах. Цифровой потенциометр – это твердотельное устройство, рабочие функции которого полностью совпадают с обычными переменными резисторами, но благодаря цифровому интерфейсу появляется возможность значительно упростить схемотехнику устройства и в то же время повысить стабильность заданных параметров регулировки. К тому же цифровой интерфейс позволяет легко интегрировать потенциометры в рабочую систему.

Одна из важнейших проблем при работе с цифровыми потенциометрами заключается в правильном выборе конфигурации его использования: будет ли он завершённым потенциометром (трех-выводным) или просто переменным резистором (двухвыводным).

Соответствующие внутренние схемы показаны на рисунках 1.8 а и б. Каждый тип конструкции имеет свои плюсы и минусы. При возможности, желательно использовать потенциометр в трех-выводной конфигурации. Она имеет несколько преимуществ, среди которых немаловажной является предоставляемая разработчику возможность контроля над нагрузкой движка. При подключении, показанном на рисунке 1.8а, устройство работает как обычный потенциометр. При подключении движка к высокоимпедансной точке, можно удерживать на низком уровне ток, протекающий через движок. При работе же с переменным резистором (двухвыводная конфигурация) его движок должен выдерживать высокие токи. Это особенно важно, когда движок приближается к верхней точке шкалы потенциометра, нижний вывод которого заземлен и подключен к движку. Такая конфигурация показана на рисунке 9б. В зависимости от напряжения, которое подается на потенциометр, и сопротивления движка разработчик должен следить за тем, чтобы не превышать максимальный номинальный ток на выводах  $V_H$  и  $V_W$ .

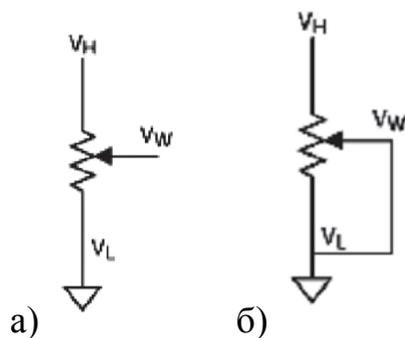


Рис. 1.8 – Конфигурация потенциометра, а) двухвыводная, б) трехвыводная

В последние несколько лет были разработаны цифровые потенциометры с резистивной архитектурой лестничного типа и интегрированными

транзисторами с цифровым управлением для полной замены механических потенциометров в ряде применений. С первого взгляда, использование пары потенциометров покажется логичным решением для регулировки звука в стереосистемах, тем не менее, есть ряд замечаний, которые необходимо учитывать перед выбором потенциометра.

Наиболее широко доступными устройствами являются линейные потенциометры, перемещение движка которых приводит к равным изменениям величины сопротивления. Закономерность равных изменений дБ на шаг достаточно удобна для аудио контроля, поэтому дополнительная схема должна только эмулировать каким-либо образом логарифмический эффект. Таким образом, отпадает необходимость в использовании механического потенциометра аудио типа.

Второй вопрос для рассмотрения заключается в том, что в то время как цифровой потенциометр выдает линейный выходной сигнал, сквозное сопротивление разных потенциометров при одном и том же положении среднего контакта значительно различается и может достигать  $\pm 30\%$ . Это следует учитывать при разработке схем, где требуется согласованность двух каналов, для которых используются два отдельных потенциометра.

Дополнительным требованием аудио систем является качество перехода между положениями движка, который не должен вызывать эффект щелчка. Поэтому обязательным условием является наличие функции детектирования перехода через ноль.

На рисунке 1.9 приведена традиционная схема контроля громкости с помощью цифровых потенциометров.

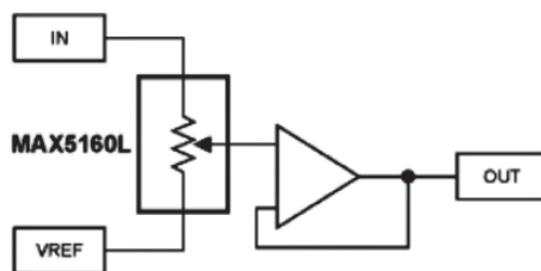


Рис. 1.9 – Схема управления громкостью

Приведенную выше схему было решено реализовывать в проектируемом устройстве. В качестве цифрового резистора выберем микросхему AD5290. Выбор обусловлен тем, что данный резистор имеет SPI-интерфейс, двухполярное питание не менее 5 В. Резистор выполнен в корпусе SOIC для поверхностного монтажа на плате. Номинал резистора – 50кОм (рекомендуемое значение для аудиоустройств).

### 1.5 Микроконтроллер STM32F4

Микроконтроллер в данной работе необходим для реализации генератора синусоидального сигнала с помощью встроенного ЦАП, обмена данными между персональным компьютером и микроконтроллером через интерфейс UART, управления цифровым резистором через SPI-интерфейс.

Требование, предъявляемые к микроконтроллеру:

- Высокая разрядность ЦАП
- Высокая скорость UART
- Высокая частота операций
- Высокая разрядность процессора

Данным требованиям удовлетворяет микроконтроллер STM32F4. Семейство микроконтроллеров STM32F4 получила широкое распространение за счет ряда преимуществ, которые отсутствуют у других контроллеров:

а) Надежность

Многие современные устройства помимо обеспечения высокой производительности и функциональности, должны удовлетворять особым требованиям обеспечения безопасности. STM32 имеет несколько аппаратных особенностей для поддержания целостности системы. В их число входит детектор падения напряжения питания, система безопасности системы синхронизации и два отдельных сторожевых таймера. Первый сторожевой таймер оконного типа. Он должен обновляться в определенный временной интервал. Если обновление произойдет раньше или позже, сторожевой таймер сработает, т.е. сгенерирует прерывание. Вторым сторожевым таймер является независимым, имеет свой собственный внешний осциллятор, отдельный от основной системы синхронизации. Система синхронизации поддерживает функции детектирования неисправностей основного внешнего осциллятора, в случае которых происходит переключение на встроенный 8 МГц RC-осциллятор. Микроконтроллеры семейства STM32F4 выдерживают электростатический импульс, номиналом до 4кВ, в отличие от ATmega8 и MCS-51, у которых величина электростатического импульса составляет до 1кВ. Повышенная устойчивость к электростатическим импульсам позволяет избежать внешних защит. Также микроконтроллеры, семейства STM32F4 обладают высокой устойчивостью к электромагнитным помехам и низкий излучаемый электромагнитный шум.

б) Безопасность

Одним из требований к современным устройствам является обеспечение сохранности программного кода от несанкционированного доступа. Для Flash памяти STM32 может быть установлена защита от чтения через отладочный порт. Когда защита от чтения включена, Flash память также защищена от

записи, чтобы предотвратить возможность размещения некорректного кода в таблице векторов прерываний. Микроконтроллеры STM32 также содержат часы реального времени и небольшую область SRAM с питанием от батареи. Содержимое этой области автоматически стирается по прерыванию от модуля предотвращения вмешательства в устройство.

#### с) Гибкость работы

Наличие единого адресного пространства для ОЗУ и для флэш-памяти, размером до 1Мб. У микроконтроллера, серии STM32F4 имеет два 29 встроенных тактовых генератора, с частотой работы 16МГц и 32МГц соответственно, следовательно, для большинства приложений отсутствует необходимость во внешнем кварцевом генераторе.

#### д) Стабильность параметров

Микроконтроллеры, семейства STM32F4, в отличие от микроконтроллеров ATmega8 и MCS-51 обладают высокой стабильностью. Так, например, при повышении температуры или при изменении напряжения питания, характеристики STM32F4 мало меняются. Это связано с тем, что ядро и периферия микроконтроллера работают, на напряжении 1.8В. 5.

Расширенные параметры Микроконтроллеры семейства STM32F4 по многим параметрам имеют расширенные характеристики. Встроенная память ОЗУ достигает размера до 196кБ.

#### е) Производительность

Микроконтроллеры STM32F4 имеют высокую производительность. Это связано с тем, что большинство инструкций микроконтроллера выполняются в одном цикле тактирования. Также ядро STM32F4 включает в себя аппаратные операции умножения, деления и арифметические операции со знаком. Нельзя не отметить тот факт, что отладочный модуль STM32F4-Discovery (рис.1.10) стоит 1500 рублей, что на порядок ниже, чем STK500 (для ATmega8), которая составляет 3500 рублей.



Рис. 1.10 - STM32F4Discovery

Стоит отметить, что отладочный модуль STM32F4-Discovery питается от USB (5В), в отличие от остальных модулей, которым требуется дополнительный блок питания 12В.

### **Выводы по первой главе**

Таким образом, мы рассмотрели наиболее распространенные методики аудиометрии. Каждая методика занимает свою нишу: тональная пороговая аудиометрия позволяет оценить степень тугоухости и правильно настроить слуховой аппарат под каждую октавную частоту; с помощью речевой аудиометрии оценивают процент разборчивости слов; надпороговая аудиометрия помогает определить место поражения слухового анализатора; объективные методики являются наиболее точными, а также применяются в случае, когда пациент не может давать четких ответов. Пошаговая методика тональной аудиометрии приведена для правильной реализации алгоритма в интерфейсе программы для компьютера. В разработке аудиометра будут

реализованы методика тональной аудиометрии, поскольку она является базовой.

Обзор аудиометрических наушников показал, что одной из самых значимых характеристик является АЧХ. Для повышения качества звукопроводения необходима корректировка АЧХ используемых для разработки наушников. Она будет производиться путем регулирования уровня входного сигнала наушников.

## ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1А31	Зубовой Екатерине Игоревне

<b>Институт</b>	<b>ИНК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭБЖ</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Электроника и наноэлектроника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя - 26300 руб. Оклад инженера - 17000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премиальный коэффициент руководителя 30%; Премиальный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Доплаты и надбавки инженера 30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

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

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	-Анализ конкурентных технических решений
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Гантта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	- Определение эффективности исследования

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

1. *Оценочная карта конкурентных технических решений*
2. *График Гантта*
3. *Расчет бюджета затрат НИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

### Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Николаенко В. С.			

### Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1А31	Зубова Екатерина Игоревна		

## **6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

### **6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

Потенциальными потребителями результатов исследования являются поликлиники, медико-диагностические центры, сурдологические центры.

Целью работы является проектирование и создание конкурентоспособного аудиометра, отвечающего современным требованиям в области ресурсоэф-фективности и ресурсосбережения. Аудиометром называется электроакустический прибор для измерения остроты слуха.

Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

#### **6.1.2 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

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

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

Таблица 6.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,2	3	5	4	0,6	1	0,8
2. Наличие связи прибора с ПК	0,2	5	5	1	1	1	0,2
3. Качество интеллектуального интерфейса	0,1	3	5	3	0,3	0,5	0,3
4. Энергоэкономичность	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
5. Масса-габаритные параметры	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
6. Автоматизированный режим обследования	0,05	0	3	3	0	0,15	0,15
7. Простота эксплуатации	0,1	3	2	5	0,3	0,2	0,5
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	4	5	3	0,4	0,5	0,3
2. Цена	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
Итого	1	31	36	32	3,75	4,2	3,35

Ф – разрабатываемый аудиометр, К1 – прибор Нейро-аудио компании «Нейрософт» с полным набором субъективных и объективных методик, К2 – клинический аудиометр АС 40 компании «Interacoustics».

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

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (6.1)$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента,

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы),  $B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Из таблицы 1 видно, что разрабатываемый прибор уступает Нейро-аудио по многим параметрам. Среди них: функциональная мощность, качество интеллектуального интерфейса отсутствие автоматизированного режима обследования. В дальнейшем, для удержания продукта на рынке, необходимо улучшать эти параметры. Сильными сторонами прибора в сравнении с АС 40 являются наличие связи с ПК и энергоэкономичность. Кроме того, он имеет наименьшую цену в сравнении с аналогами.

### **6.1.3 SWOT-анализ**

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

Таблица 6.2 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Высокая энергоэффективность за счет использования 32-разрядного микроконтроллера STM32.</p> <p>С2. Высокая надежность, обусловленная использованием цифровых, а не механических потенциометров.</p> <p>С3. Экономичность за счет использования недорогих наушников при условии наличия схемы коррекции амплитудно-частотной характеристики наушников.</p> <p>С4. Мобильность прибора.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Отсутствие реализации некоторых распространенных методик аудиометрии.</p> <p>Сл2. Использование непрофессиональных наушников, что требует проведения процедуры в звукоизолированном помещении.</p> <p>Сл3. Необходимость дополнительного оборудования для получения амплитудно-частотной характеристики наушников и калибровки прибора (генератор и шумомер).</p> <p>Сл4. Большой срок поставки электронных компонентов.</p> <p>Сл5. Отсутствие бюджетного финансирования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Получение профессиональной аудиограммы в Сурдологическом центре</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>		
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Удорожание импортных электронных компонентов в связи с нестабильной ситуацией на валютном</p>		

рынке. У3. Появление новых методик аудиометрии. У4. Увеличение конкуренции. У5. Использование прибора и ПО в учреждениях с маломощными компьютерами.		
---	--	--

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей, или слабых сторон и возможностей и т.д. В случае, когда две или более возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе.

Таблица 6.3.1 – Интерактивная матрица проекта: сильные стороны и возможности

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	-	+	-
	B2	-	-	-	-	+
	B3	-	-	+	+	+
	B4	+	+	+	-	-
	B5	-	-	+	-	-

Сильно коррелирующие сильные стороны и возможности:

- B1C1C2C4;
- B3C3C4C5;
- B4C1C2C3;
- B3B4B5C3.

Таблица 6.3.2 – Интерактивная матрица проекта: сильные стороны и угрозы

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	-	-	+
	У2	+	+	-	-	-
	У3	-	0	-	-	+
	У4	-	-	-	+	+
	У5	-	-	-	+	-

Сильно коррелирующие сильные стороны и угрозы:

- У2C1C2;
- У4C4C5;

- У3У4С5;
- У4У5С4.

Таблица 6.3.3 – Интерактивная матрица проекта: слабые стороны и возможности

		Сильные стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	В1	-	+	+	-	+
	В2	-	-	-	-	+
	В3	+	+	-	-	-
	В4	-	-	-	+	-
	В5	+	-	-	-	-

Сильно коррелирующие слабые стороны и возможности:

- В1Сл2Сл3Сл5;
- В3Сл1Сл2;
- В1В2Сл5.

Таблица 6.3.4 – Интерактивная матрица проекта: слабые стороны и угрозы

		Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы проекта	У1	+	-	-	-	-
	У2	-	-	-	+	+
	У3	-	+	-	-	-
	У4	+	+	-	-	-
	У5	-	-	-	-	-

Сильно коррелирующие слабые стороны и угрозы:

- У2Сл4Сл5;
- У4Сл1Сл2.

Составив и проанализировав интерактивную матрицу проекта, составим итоговую матрицу SWOT-анализа.

Таблица 6.4 – Полная матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Высокая энергоэффективность за счет использования 32-разрядного микроконтроллера STM32. С2. Высокая надежность, обусловленная использованием цифровых, а не механических потенциометров.	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие реализации некоторых распространенных методик аудиометрии. Сл2. Использование непрофессиональных наушников, что требует проведения процедуры в звукоизолированном помещении.
--	---	--

	<p>С3. Экономичность за счет использования недорогих наушников при условии наличия схемы коррекции амплитудно-частотной характеристики наушников.</p> <p>С4. Мобильность прибора.</p> <p>С5. Квалифицированный персонал.</p>	<p>Сл3. Необходимость дополнительного оборудования для получения амплитудно-частотной характеристики наушников и калибровки прибора (генератор и шумомер).</p> <p>Сл4. Большой срок поставки электронных компонентов.</p> <p>Сл5. Отсутствие бюджетного финансирования.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</p> <p>В2. Получение профессиональной аудиограммы в Сурдологическом центре</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В4. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>- Использование инновационной инфраструктуры ТПУ является решающей возможностью для реализации энергоэффективного, надежного и мобильного прибора.</p> <p>- Появление дополнительного спроса способствует экономичности, мобильности прибора, а также требует роста числа квалифицированных специалистов для работы с аудиометром.</p> <p>- Поскольку основные электронные компоненты в разработке аудиометра являются импортными, снижение таможенных пошлин позволяет использовать их в большем количестве.</p> <p>- Экономичность прибора только укрепит его позиции на рынке в случае повышения стоимости конкурентных разработок, снижения таможенных пошлин.</p>	<p>- Эффективное использование инновационной инфраструктуры ТПУ позволит применять в разработке профессиональные аудиометрические наушники и своевременно находить дополнительное оборудование для исследований.</p> <p>- В случае появления дополнительного спроса на новый прибор разрабатываемый аудиометр будет проигрывать остальным в виду отсутствия реализации некоторых распространенных методик аудиометрии и использования непрофессиональных наушников.</p> <p>- Отсутствие бюджетного финансирования затрудняет использование инфраструктур площадок, не входящих в ТПУ.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Удорожание импортных электронных компонентов в</p>	<p>- В случае удорожания импортных электронных компонентов прибор будет проигрывать в экономичности.</p> <p>- Приборы компаний-</p>	<p>- Удорожание импортных электронных компонентов при отсутствии бюджетного финансирования негативно сказывается на сроках разработки прибора.</p>

<p>связи с нестабильной ситуацией на валютном рынке.</p> <p>У3. Появление новых методик аудиометрии.</p> <p>У4. Увеличение конкуренции.</p> <p>У5. Использование прибора и ПО в учреждениях с маломощными компьютерами.</p>	<p>конкурентов также обладают мобильностью и разрабатываются для квалифицированных специалистов.</p> <p>- Появление новых методик аудиометрии вместе с увеличением конкуренции потребуют повышать квалификацию разработчиков.</p> <p>- В случае использования маломощных компьютеров будет затруднено распространение мобильных приборов, требующих связи с компьютером для работы.</p>	<p>- При увеличении конкуренции необходимо обратить внимание на реализацию необходимых для полного обследования методик аудиометрии и применять профессиональные аудиометрические наушники.</p>
---	---	---

Из матрицы SWOT видно, что необходимо сделать упор на сильные стороны проекта, а именно: «Экономичность» и «Квалифицированный персонал», поскольку именно они связаны с наибольшим количеством возможностей. Что касается слабых сторон проекта, то следует приложить усилия для реализации всех методик аудиометрии, необходимых для полного обследования пациента, а также иметь в виду появление новых методик. Использование непрофессиональных наушников со схемой коррекции АЧХ хоть и влечет за собой угрозы, одновременно с этим обуславливает экономичность прибора.

## **6.2 Планирование научно-исследовательских работ**

### **6.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;

- построение графика проведения научных исследований.

Таблица 6.5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выбор темы ВКР	1	Постановка задачи	Научный руководитель
Разработка технического задания	2	Составление и утверждение ТЗ	Научный руководитель, инженер
	3	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель
Подбор и изучение материалов по тематике	4	Изучение методик аудиометрии	Инженер
	5	Обзор аудиометрических наушников	Инженер
	6	Обзор аттенюаторов	Инженер
	7	Исследование слуха в Томском сурдологическом центре	Инженер
Программирование	8	Изучение микроконтроллера stm32f407vg	Инженер
	9	Программа, реализующая генерацию синусоидального сигнала на микроконтроллере	Инженер, научный руководитель
	10	Программа, реализующая связь микроконтроллера с ПК	Инженер, научный руководитель
	11	Программа для управление цифровыми резисторами	Инженер, научный руководитель
	12	Интерфейс для ПК	Инженер, научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	13	Выбор структурной схемы	Инженер, научный руководитель
	14	Выбор принципиальной схемы	Инженер, научный руководитель

			ь
	15	Определение амплитудно-частотной и амплитудной характеристик исследуемых наушников	Инженер, научный руководител ь
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	16	Расчет принципиальной схемы устройства	Инженер, научный руководител ь
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	17	Разработка макета устройства	Инженер, научный руководител ь
	18	Проведение экспериментальных исследований	Инженер, научный руководител ь
	19	Корректировка параметров принципиальной схемы устройства	Инженер, научный руководител ь
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	20	Оформление расчетно-пояснительной записки	Инженер, научный руководител ь
	21	Оформление графического материала	Инженер, научный руководител ь
	22	Доклад и презентация	Инженер, научный руководител ь

## 6.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (6.2)$$

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.

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

$$T_{p_i} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (6.3)$$

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

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

$\mathcal{C}_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

### 6.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (6.4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (6.5)$$

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

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году ( $T_{\text{ВД}} = 52$ );

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году ( $T_{\text{ПД}} = 12$ ).

Таблица 6.6 – Временные показатели проведения научного исследования

Номер работы	Трудоёмкость работ						Исполнитель и		Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$		Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$	
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ожид}$ , чел-дни							
	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И	НР	И
1	3	0	4	0	3,4	0	1	0	3	0	4	0
2	5	2	10	3	7	2,4	1	1	3	1	4	1
3	2	0	4	0	2,8	0	1	0	3	0	3	0
4	0	10	0	20	0	14	0	1	0	14	0	17
5	0	4	0	6	0	4,8	0	1	0	5	0	6
6	0	2	0	3	0	2,4	0	1	0	2	0	3
7	0	1	0	2	0	1,4	0	1	0	1	0	2
8	0	10	0	20	0	14	0	1	0	14	0	17
9	3	10	4	20	3,4	14	1	1	2	7	2	8
10	1	10	2	20	1,4	14	1	1	1	7	1	8
11	3	10	6	20	4,2	14	1	1	2	7	3	8
12	1	10	2	20	1,4	14	1	1	1	7	1	8
13	1	4	2	8	1,4	5,6	1	1	1	3	1	3
14	3	7	5	14	3,8	9,8	1	1	2	5	2	6
15	1	2	2	4	1,4	2,8	1	1	1	1	1	2
16	1	2	1	3	1	2,4	1	1	1	1	1	1
17	3	10	5	15	3,8	12	1	1	2	6	2	7
18	1	2	2	4	1,4	2,8	1	1	1	1	1	2
19	1	3	2	5	1,4	3,8	1	1	1	2	1	2
20	1	10	2	15	1,4	12	1	1	1	6	1	7
21	1	4	1	6	1	4,8	1	1	1	2	1	3
22	1	1	1	2	1	1,4	1	1	1	1	1	1
Итого	32	114	55	210	41,2	152,4	17	20	27	93	29	114

Таблица 6.7 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

Этап	T <sub>кi</sub>		Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			Декабрь			Январь			Февраль			Март			Апрель			
	НР	И	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	4	0		###																							
2	4	1			###																						
3	3	0				##																					
4	0	17				██████████																					
5	0	6					████																				
6	0	3						██																			
7	0	2							█																		
8	0	17							██████████																		
9	2	8								##																	
10	1	8									█																
11	3	8										##															
12	1	8											█														
13	1	3												█													
14	2	6													##												
15	1	2														█											
16	1	1															█										
17	2	7																##									
18	1	2																	█								
19	1	2																		█							
20	1	7																			█						
21	1	3																				█					
22	1	1																					█				

### - научный руководитель,      █████ - инженер

## 6.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

### 6.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

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

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (6.6)$$

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

$N_{\text{расх}i}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$\Pi_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента ( $k_T$ ), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Результаты расчетов представлены в таблице 8.

Таблица 6.8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы (с учетом транспортных расходов), (З <sub>м</sub> ), руб.
Операционные усилители (ОУ) TL074	шт	1	25	32
Плата STM32F4-Discovery	шт	1	1300	1350
Наушники Sony MDR-ZX310	шт	1	1500	1690
Сдвоенные ОУ AD8397	шт	1	650	766
Быстродействующий ОУ AD817	шт	1	140	150
Цифровой резистор AD5290	шт	1	180	190
Аналоговый ключ ADG411BR	шт	1	290	310
Постоянные резисторы	шт	7	3	24
Подстроечный резистор	шт	1	25	30
Конденсаторы	шт	20	3	75
Разъем Audio Jack	шт	1	14	18
Тональная аудиометрия в Томском сурдологическом центре	шт	1	500	500
Тетрадь 96 листов	шт	1	30	35
Ручка	шт	1	16	20
Итого:				2150

#### 6.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений. Результаты расчетов представлены в таблице 9.

Таблица 6.9 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования (с учетом затрат на доставку и монтаж), тыс. руб.
1.	Источник питания	1	5000	7500
2.	Осциллограф	1	15000	22500
3.	Генератор SFG-72120	1	20000	22800
4.	ПК	1	35000	40000
5.	Шумомер Testo 816	1	32000	34900
Итого:				117700

#### 6.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (6.7)$$

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

Здоп – дополнительная заработная плата (12-20 % от Зосн).

Основная заработная плата (Зосн) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (6.8)$$

где Зосн – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 6);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m}{T_{p.d}}, \quad (6.9)$$

$$Z_m = Z_o * k_p, \quad (6.10)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска);

$Z_o$  – базовая заработная плата сотрудника. (26300р для доцента, к.ф-м.н; 17000р для инженера-ассистента);

$T_{p.d}$  – количество рабочих дней в месяце. Так как рабочая неделя состоит из 6 дней, то  $T_{p.d} = 26$  дней.

Таблица 6.10 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$T_{ki}$ , чел.-дн.	$Z_{\text{дн}}$ руб.		$Z_{\text{осн}}$ руб.
		НР	И	
НР	27	1012	654	27324
И	93			60822
Сумма				88146

#### 6.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (6.11)$$

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

#### 6.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (6.12)$$

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

Таблица 6.11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
НР	27324	3279
И	60822	7297
Сумма	88146	10576
$k_{\text{внеб}}$	30%	
Итого:		
НР	9181	
И	20436	
Сумма	29617	

### 6.2.4.6 Накладные расходы

Величина накладных расходов рассчитывается как 16% от суммы всех остальных расходов.

$$Z_{накл} = 0,16 * (Z_{м} + Z_{спецоб} + Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб}) = 39710 \quad (6.13)$$

### 6.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 12.

Таблица 6.12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Доля затрат, %	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	2150	0,8	Пункт 3.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	117700	40,9	Пункт 3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	88146	30,6	Пункт 3.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10576	3,7	Пункт 3.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	29617	10,2	Пункт 3.4.5
6. Накладные расходы	39710	13,8	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	287899	100	Сумма ст. 1- 6

### **6.3 Определение социальной, ресурсной (ресурсосберегающей) и экономической эффективности исследования**

Эффективность разрабатываемого аудиометра определяется за счет социальной, ресурсной и экономической сторон. Социальная значимость прибора позволяет использовать его в медицинских учреждениях для диагностики слуха. Точный прибор позволяет не только определить слуховой порог на разных частотах, но и настроить при необходимости слуховой аппарат. Экономическая выгода данного исполнения прибора достигается за счет использования обычных наушников Sony MDR-ZX310 со схемой коррекции взамен дорогостоящим профессиональным аудиометрическим наушникам. Применение микроконтроллера stm32f407vg является ресурсосберегающим решением, поскольку на периферийные устройства, не участвующие в выполнении требуемых функций, не подается питание.

#### **Выводы по шестой главе**

В ходе работы был разработан конкурентоспособный тональный аудиометр, отвечающий современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Произведенная оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований выявила сильные стороны аудиометра: наличие связи с ПК, энергоэкономичность. Для удержания продукта на рынке необходимо улучшать следующие параметры: функциональную мощность, качество интеллектуального интерфейса. Для этого необходимо реализовать в приборе все методики аудиометрии, необходимых для полного обследования

пациента, а также иметь в виду появление новых методик. А также следует дополнить аудиометр автоматизированным режимом обследования.

Планирование научно-исследовательской работы позволило выделить основные этапы, календарные сроки и отразить их на диаграмме Ганта. Бюджет затрат НТИ составил 287899р. исходя из материальных затрат, использования спецоборудования, основной и дополнительной затрат исполнителей, отчислений во внебюджетные фонды и накладных расходов. Проведенный расчет необходим для поиска средств на реализацию НТИ.

Определение ресурсной (ресурсосберегающей), социальной и экономической эффективности исследования показало, что разрабатываемый аудиометр имеет наименьшую цену в сравнении с аналогами, благодаря использованию наушников Sony MDR-ZX310 со схемой коррекции.