

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



Институт кибернетики
 Направление подготовки 27.03.01 Стандартизация и метрология
 Кафедра систем управления и мехатроники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Автоматизация процесса калибровки синхронного усилителя SR830

УДК 621.375:53.089.6-027.43

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г31	Ким Виолетта Николаевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ТПС	Баранов П.Ф	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер	Маланова Н. В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Зав. кафедрой СУМ	Губин В. Е.	К.Т.Н.		

Планируемые результаты обучения по направлению 27.03.01

«Стандартизация и метрология»

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

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

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



Институт Кибернетики
 Направление подготовки (специальность) – Стандартизация и метрология
 Кафедра систем управления и мехатроники

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) _____ (Дата) Губин В.Е.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Г31	Ким Виолетте Николаевне

Тема работы:

Автоматизация процесса калибровки синхронного усилителя SR830	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 1651/0 от 10.03.2017 г

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20.06.2017
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Разработка методики калибровки и автоматизация процесса калибровки для цифрового синхронного усилителя SR830. Цифровой синхронный усилитель предназначен для выделения и измерения низкоуровневых сигналов переменного тока.
---	---

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	Поиск и изучение нормативной документации по разработке и оформлению методики калибровки и программных документов. Методика калибровки Руководство оператора
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	нет
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Маланова Наталья Викторовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич
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
Доцент	Баранов Павел Федорович	К.Т.Н		05.09.2016

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г31	Ким Виолетта Николаевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Г31	Ким Виолетте Николаевне

Институт	ИК	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Стандартизация и метрология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	В разделе «Социальная ответственность» рассматриваются вопросы, связанные с организацией рабочего места инженера по качеству в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны окружающей среды. Объект исследования – программное обеспечение по автоматизации процесса калибровки цифрового синхронного усилителя SR830.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность: 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	Проводится анализ выявленных вредных факторов производственной среды, таких как: – Отклонение показателей микроклимата; – Повышенная напряженность электромагнитного поля; – Недостаток естественного освещения; – Недостаточная освещенность рабочей зоны. Анализ выявленных опасных факторов производственной среды, таких как: – Электробезопасность; – Пожаробезопасность.
2. Экологическая безопасность:	Анализ воздействия на литосферу: образование отходов при поломке или утилизации компьютера.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Защита в чрезвычайных ситуациях: – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – Специальные правовые нормы трудового законодательства; – Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.03.2017
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер	Маланова Наталья Викторовна	К.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г31	Ким Виолетта Николаевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8Г31	Ким Виолетте Николаевне

Институт	ИК	Кафедра	СУМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Стандартизация и метрология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость расходных материалов
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициенты для расчета заработной платы
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	– отчисления во внебюджетные фонды (30,2 %); – расчет дополнительной заработной платы (15 %).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	– потенциальные потребители результатов исследования; – анализ конкурентных технических решений; – SWOT-анализ.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	– структура работ в рамках научного исследования; – определение трудоемкости выполнения работ; – разработка графика проведения научного исследования; – бюджет научно-технического исследования.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	– определение интегральный финансового показателя; – определение интегрального показателя ресурсоэффективности; – определение сравнительной эффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	15.03.2017
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры МЕН	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Г31	Ким Виолетта Николаевна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа 82 с., 19 рис., 22 табл., 24 источника, 3 приложения.

Ключевые слова: автоматизация, калибровка, методика калибровки, руководство оператора, синхронный усилитель.

Объектом исследования является цифровой синхронный усилитель SR830.

Цель работы: разработка программного обеспечения (ПО), позволяющего проводить калибровку цифрового синхронного усилителя SR830.

В процессе исследования проводился поиск и анализ научной литературы, нормативно-технической документации, разработка методики калибровки и руководства оператора.

В результате исследования были разработаны методика калибровки, ПО, позволяющее осуществлять калибровку цифрового синхронного усилителя SR830, также разработано руководство оператора.

Оглавление

Введение	11
1 Цифровые синхронные усилители	12
1.1 Классификация синхронных усилителей	12
1.2 Принцип работы синхронных усилителей	14
1.3 Метрологические и технические характеристики	16
2 Разработка методики калибровки	18
2.1 Технические требования	18
2.2 Подготовка и процедура калибровки	19
2.3 Оформление результатов калибровки	19
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	21
4.1 Потенциальные потребители результатов исследования	21
4.2 Анализ конкурентных технических решений	22
4.3 SWOT-анализ	23
5 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	25
6 Планирование научно-исследовательских работ	26
6.1 Структура работ	26
6.2 Определение трудоемкости выполнения работ	26
6.3 Разработка графика проведения научного исследования	28
6.4 Определение бюджета научно-технического исследования	29
7 Социальная ответственность	33
7.1 Производственная безопасность	34
7.2 Экологическая безопасность	40
7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	41
7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	43
Заключение	47
Список используемых источников	48
Приложение Б (обязательное) Руководство оператора	51

Введение

В настоящее время повсеместно распространено использование усилителей. Как известно, сигналы бывают как высокого уровня, так и низкого. Для регистрации сигналов высокого уровня можно использовать осциллографы, а регистрация сигналов низкого уровня является проблемой, так как такие сигналы трудно отделить от шума. Поэтому для усиления сигналов низкого уровня используются синхронные усилители.

Так как на сегодняшний день автоматизация измерительных процессов является одним из важнейших направлений в метрологии, так как калибровка средств измерений в ручном режиме – длительный процесс, то было принято решение об автоматизации процесса калибровки цифрового синхронного усилителя SR830.

Данный синхронный усилитель предназначен для обнаружения и измерения переменных сигналов низкого уровня, обладает хорошими метрологическими и техническими характеристиками.

1 Цифровые синхронные усилители

Под цифровым синхронным усилителем понимается устройство для обнаружения и измерения низкоуровневых сигналов переменного тока. Точные измерения таких сигналов могут быть выполнены даже в условиях шума, в несколько тысяч раз превышающего уровень самого сигнала.

В этих устройствах используется техника фазочувствительного детектирования, которая помогает выделить компоненты сигнала на определенной опорной частоте и фазе, так как шум не соответствует опорной частоте, он игнорируется, а значит и его влияние на измерения исключается.

Необходимость использования синхронных усилителей в метрологии очевидна, так как с помощью этих устройств минимизируется погрешность измерений за счет их высокой чувствительности и разрешающей способности.

Наибольшую точность измерений при определении метрологических характеристик компонентов измерительной техники обеспечивает метод сравнения с мерой, который предусматривает сравнение значения величины, воспроизводимой мерой со значением измеряемой величины. Реализация этого метода требует наличие высокочувствительных приборов сравнения, у которых разрешающая способность во многом определяет минимальную погрешность измерений. Так как разрешающая способность синхронных усилителей при сравнении двух сигналов достигает единиц нановольт, то это делает синхронные усилители незаменимыми приборами для метрологического обеспечения средств измерительной техники.

1.1 Классификация синхронных усилителей

Синхронные усилители классифицируются по следующим параметрам:

- информативный параметр сравниваемых сигналов;
- способ реализации основных функциональных блоков;
- тип синхронного детектора;

- наличие или отсутствие предварительного преобразования входных физических величин;
- по реализации алгоритма измерения во времени.

На рисунке 1 представлена более подробная классификация синхронных усилителей [1].

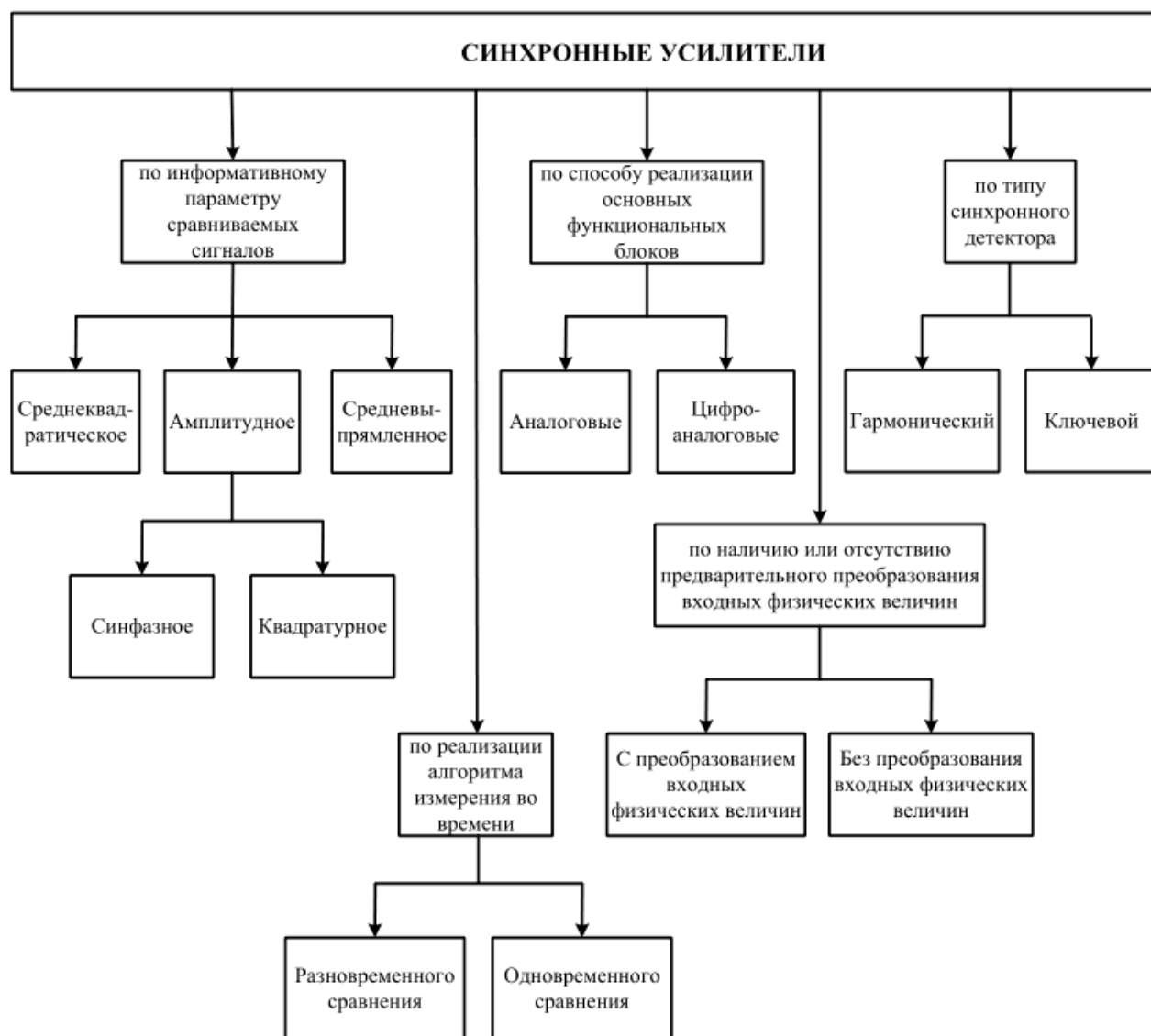


Рисунок 1 – Классификация синхронных усилителей

Первая разработка синхронного усилителя принадлежит Принстонскому университету и датирована 1962 г.

По информативному параметру сравниваемых сигналов, цифровой синхронный усилитель SR830 по отношению относится к амплитудному, по способу реализации основных функциональных блоков – к аналогово-цифровому, по типу синхронного детектора – к гармоническому.

1.2 Принцип работы синхронных усилителей

Работа синхронных усилителей основана на синхронном детектировании. При использовании синхронного усилителя требуется опорная частота, обычно, это фиксированная частота встроенного генератора. Затем, входной сигнал умножается на опорный сигнал.

Пусть опорный сигнал представлен в виде синусоиды с частотой ω_L , амплитудой V_L и смещением Θ_{ref} , а входной сигнал в виде синусоиды с амплитудой V_{sig} , частотой ω_r и смещением Θ_{sig} , как это показано на рисунке 1.

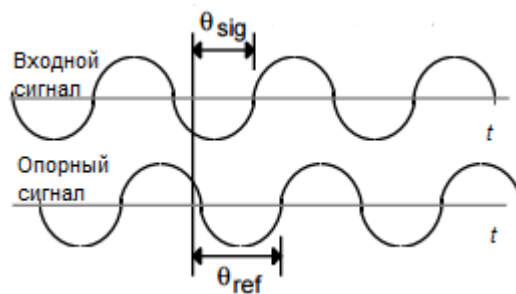


Рисунок 2

В результате, на выходе детектора получаем:

$$\begin{aligned} V_D &= V_L \cdot \sin(\omega_L \cdot t + \theta_{ref}) \cdot V_{sig} \cdot \sin(\omega_r \cdot t + \theta_{sig}) = \\ &= \frac{V_L \cdot V_{sig} \cdot \cos([\omega_r - \omega_L] \cdot t + \theta_{sig} - \theta_{ref})}{2} - \frac{V_L \cdot V_{sig} \cdot \cos([\omega_r + \omega_L] \cdot t + \theta_{sig} + \theta_{ref})}{2}. \end{aligned} \quad (1)$$

По формуле, описанной выше видно, что на выходе детектора получается комбинация двух переменных сигналов с различными частотами: один представляет сигнал с суммой частот, а другой – с их разностью.

Далее сигнал проходит через фильтр нижних частот (ФНЧ). Фильтр пропускает сигналы с частотами ниже частоты среза фильтра ω_c и подавляет более высокочастотные сигналы. Частота среза устанавливается намного меньшей, чем опорная частота ω_L . Поэтому ненулевой отклик на выходе фильтра дадут лишь те сигналы, частоты которых близки к опорной частоте, то есть отличаются от опорной частоты на величину, не превышающую частоту среза фильтра низких частот [2].

Если частоты ω_L и ω_r равны, а выходной сигнал пропустить через фильтр нижних частот, то на выходе будет наблюдаться постоянный сигнал,

пропорциональный амплитудам входного и опорного сигнала и зависит от фазового сдвига относительно опорного сигнала, как это показано в формуле 2:

$$X(t) = \frac{V_L \cdot V_{sig} \cdot \cos(\theta)}{2} \quad (2)$$

Если изменить фазу опорного сигнала на $\pi/2$, то выходной сигнал будет таким, как показано в формуле 3:

$$Y(t) = \frac{V_L \cdot V_{sig} \cdot \sin(\theta)}{2} \quad (3)$$

Так как полученные сигналы пропорциональны квадратурным составляющим $V_{sig} \cdot \cos(\Theta)$ и $V_{sig} \cdot \sin(\Theta)$, то можно определить амплитуду и фазу выходного сигнала по отдельности по формулам 4 и 5, соответственно:

$$R = \sqrt{X^2 + Y^2}, \quad (4)$$

$$\text{tg}(\theta) = \frac{Y}{X}. \quad (5)$$

Таким образом, синхронный детектор обладает свойствами, важными для обработки сигналов:

- чувствителен к фазе и амплитуде измеряемого сигнала;
- обладает высокой частотной избирательностью.

Благодаря этому синхронное детектирование широко используется в технике связи, разнообразной измерительной аппаратуре, при проведении экспериментальных исследований [3].

Структурная схема цифрового синхронного усилителя при дифференциальном включении сигналов представлена на рисунке 2, а при включении сигналов несимметричным способом, реализуется схема, представленная на рисунке 3.

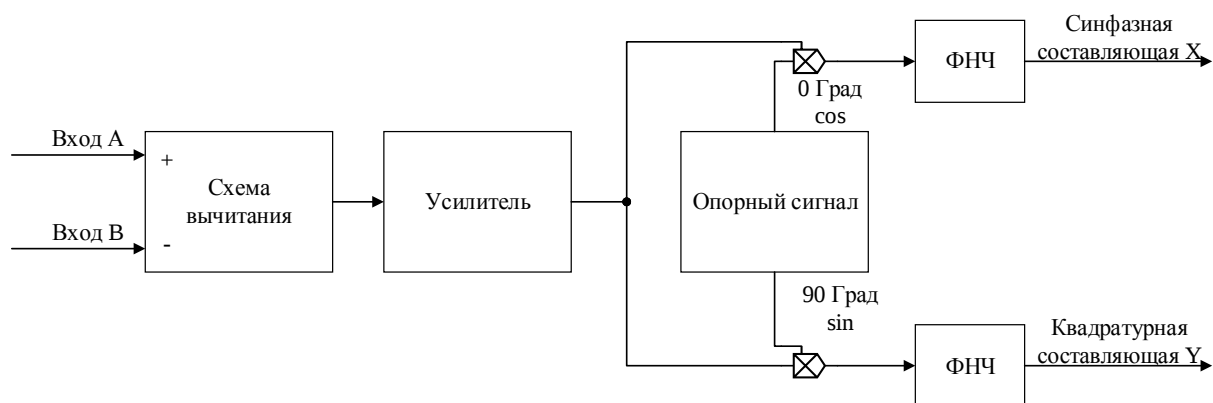


Рисунок 2 – Структурная схема синхронного усилителя при дифференциальном включении сигналов

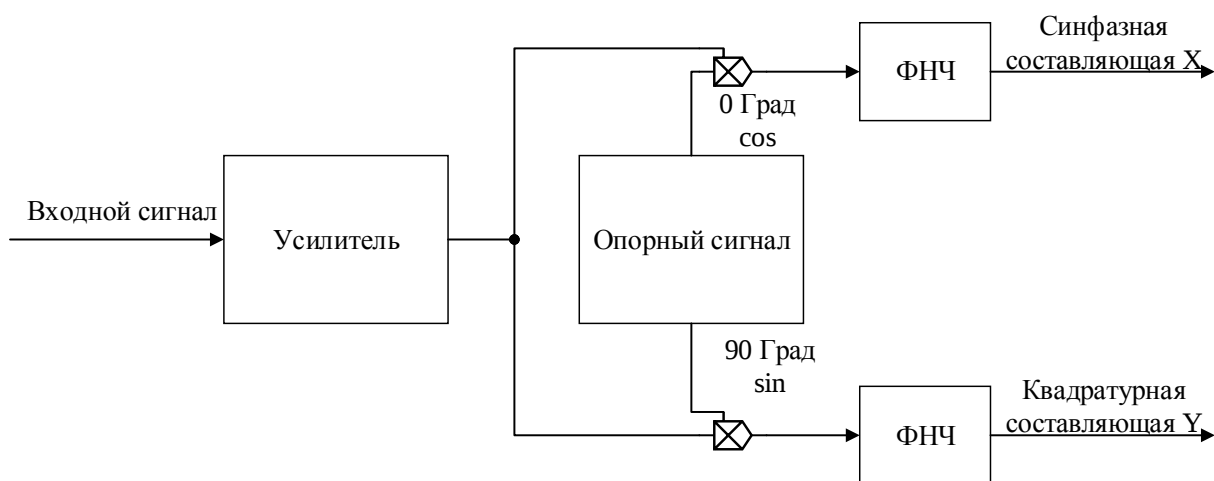


Рисунок 3 – Структурная схема синхронного усилителя при несимметричном включении сигнала

1.3 Метрологические и технические характеристики цифрового синхронного усилителя SR830

В таблице 1 представлены метрологические и технические характеристики цифрового синхронного усилителя SR830 [2].

Таблица 1 – Метрологические и технические характеристики цифрового синхронного усилителя SR830

Техническая характеристика	Значение характеристики
Входы напряжения	Несимметричный (A), дифференциальный (A-B)
Чувствительность	от 2 нВ до 1 В
Входное сопротивление	10 МОм
Погрешность усиления	$\pm 0,2 \%$
Сигнальные фильтры	60(50) Гц и 120(100) Гц режекторные фильтры (Q=4)
Уровень подавления синфазной составляющей	– при частоте до 10 кГц – 100 дБ, – свыше 10 кГц уменьшается на 6дБ/октава
Частотный диапазон	От 1 мГц до 102 кГц
Разрешение по фазе	0,01°
Предел относительной погрешности по фазе	$\pm 0,001^\circ$
Ортогональность	$90^\circ \pm 0,001^\circ$
Выделение гармоник	Выделяет $N \cdot f$, где $N < 19999$, а $N \cdot f < 102$ кГц
Постоянные времени	– от 10 мкс до 30 с, если опорный сигнал с частотой от 200 Гц, – от 30 с до 30000, если опорный сигнал с частотой до 200 Гц
Подавление гармоник	-90 дБ
Интерфейсы	GPIO, RS232
Габаритные размеры	432×133×495 мм
Масса	10,5 кг
Параметры электропитания	100/120/220/240 В ($\pm 15 \%$), 50 / 60 Гц
Потребляемая мощность	40 Вт

2 Разработка методики калибровки

Методика калибровки цифрового синхронного усилителя разрабатывается на основе стандарта ГОСТ Р 8.879, рекомендации Р РСК 002, в этих документах изложены основные требования к содержанию и изложению методик калибровки и стандарта ГОСТ 2.105, в котором приведены общие положения по оформлению текстовых документов.

В соответствие с ГОСТ Р 8.879, методика калибровки должна содержать следующие элементы:

- титульный лист;
- область распространения;
- технические требования;
- требования по обеспечению безопасности;
- подготовка к процедуре калибровки;
- процедура калибровки;
- обработка результатов измерений;
- оформление результатов измерений [5].

2.1 Технические требования

Раздел технические требования включает в себя следующие подразделы: «Требования к неопределенностям измерений», «Требования к средствам калибровки и вспомогательному оборудованию» и «Требования к условиям проведения калибровки».

Так как в документации, поставляемой с цифровым синхронным усилителем SR830 отсутствуют требования к неопределенностям измерений, то подраздел «Требования к неопределенностям измерений» допускается заменить на подраздел «Требования к погрешностям измерений параметров, определяемых в процессе калибровки» в соответствие с Р РСК 002, в котором устанавливаются соответствующие значения, обеспечивающие получение результатов калибровки с указанной в методике погрешностью.

Подраздел «Требования к средствам калибровки и вспомогательному оборудованию» содержит перечень основных и вспомогательных средств калибровки с указанием их метрологических и основных технических характеристик.

В подразделе «Требования к условиям проведения калибровки» указывается перечень величин, которые влияют на метрологические характеристики калибруемых средств измерений или средств калибровки, также указываются их нормируемые номинальные значения и допускаемые отклонения, в пределах которых сохраняются характеристики погрешности, приписываемые данной методике калибровки.

2.2 Подготовка и процедура калибровки

Раздел «Подготовка к процедуре калибровки» должен содержать перечень и способы выполнения работ, которые необходимо провести перед процедурой калибровки, включая проверку комплектности и внешнего вида средства измерений, действия и взаимодействия его отдельных частей и элементов.

Раздел «Процедура калибровки» должен содержать перечень наименований и описание операций, проводимых при калибровке, по определению действительных метрологических характеристик данного средства измерений.

2.3 Оформление результатов калибровки

Раздел «Оформление результатов калибровки» должен содержать требования к оформлению результатов калибровки.

В разделе указывают способ или сочетание способов оформления результатов калибровки:

- сертификат о калибровке;
- место и способ нанесения оттиска калибровочного клейма;
- внесение записи в паспорт или другой эксплуатационный документ средства измерений [6].

Разработанная методика калибровки цифрового синхронного усилителя SR830 представлена в приложении А.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- потенциальные потребители результатов исследования;
- анализ конкурентных технических решений;
- SWOT-анализ – структура работ в рамках научного исследования;
- трудоемкость выполнения работ;
- график проведения научного исследования;
- бюджет научно-технического исследования (НТИ).

4.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для того, чтобы определить потенциальный потребителей научной разработки необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование. Сегментирование рынка в сфере калибровки средств измерения, в зависимости от размера компании-исполнителя и характера процесса калибровки представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Карта сегментирования рынка

		Калибровка средств измерений		
		Проведение калибровки	Автоматизация процесса калибровки	Разработка методик калибровки
Размер компаний	Крупные			
	Средние			
	Мелкие			

По итогам сегментирования определены основные сегменты данного рынка. Как видно из рассмотренной выше таблицы, автоматизацией процессов калибровки занимаются только крупные государственные метрологические службы. Следовательно, рынок автоматизированной калибровки цифровых синхронных усилителей свободен.

4.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений необходимо проводить для того, чтобы оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов, и внести коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять конкурентам. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 8.

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:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (6)$$

где B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 8 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		B_{ϕ}	B_{k1}	B_{k2}	K_{ϕ}	K_{k1}	K_{k2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Надежность	0,13	5	4	3	0,65	0,52	0,39

Продолжение таблицы 8

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
4. Потребность в ресурсах памяти	0,11	4	5	5	0,44	0,55	0,55
5. Функциональная мощность	0,09	5	3	3	0,45	0,27	0,27
6. Простота эксплуатации	0,12	5	5	5	0,6	0,6	0,6
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,12	5	4	3	0,6	0,48	0,36
2. Уровень проникновения на рынок	0,09	4	4	4	0,36	0,36	0,36
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
Итого	1	42	38	36	4,65	4,23	3,98

Таким образом, конкурентоспособность автоматизации процесса калибровки составила 4,65, в то время как для двух других характеристик, таких как проведение калибровки и разработки методик калибровки – 4,23 и 4,08, соответственно. Уязвимость позиции конкурентов заключается в том, что их разработки относительно не надежны, имеют небольшую функциональную мощность, а также они имеют невысокую конкурентоспособность.

4.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта, данный вид анализа позволяет определить сильные и слабые стороны проекта, выявить возможности и угрозы для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней и внутренней среде.

После того как сформулированы четыре области SWOT, представленные в таблице 9, переходят к выявлению соответствий сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Для этого были построены интерактивные матрицы, приведенные в приложении В.

После проведения анализа таблиц в приложении В, была составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 3, которая помогает скорректировать направление реализации проекта.

Таблица 9 – Матрица SWOT

	Сильные стороны: С1. Заявленная точность и энергоэффективность метода. С2. Экологичность технологии. С3. Уникальность метода.	Слабые стороны: Сл1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытаний. Сл2. Высокая степень износа оборудования. Сл.3. Большой объем исходной информации.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. В2. Появление дополнительного спроса на продукт. В3. Низкая активность конкурентов.	В1С1С2 – благодаря техническим возможностям разработки, ее удобству в использовании и наличию технической поддержки, повышается эффективность метода; В2С1С2С3 – адекватность разработки может вызвать спрос на нее, а это в свою очередь повлечет увеличение количества спонсоров.	В1В2Сл1 – помехой автоматизации процесса калибровки могут послужить отсутствие необходимого оборудования для проведения дополнительных испытаний.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция технологий производства. У3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.	У2С1С3 – с повышением заявленной точности и энергоэффективности метода, повысится спрос и конкурентоспособность данного метода.	У1Сл1Сл2 – при отсутствии новых технологий и оборудования для проведения испытаний, увеличивается износ необходимых инструментов для реализации проекта.

5 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Чтобы провести систематическое исследование всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования был применен морфологический подход.

Результат морфологического подхода, результата приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Морфологическая матрица

	1	2	3
А. Способ представления информации	Числовой, табличный	Текстовый	Табличный
Б. Способ передачи на ПК	GPIO, RS232	RS232	RS232
В. Скорость передачи на ПК	Высокая	Низкая	Низкая
Г. Форматы сохранения информации	.xls / .xlsx	.txt	.doc / .docx
Д. Среда разработки	LabVIEW	C++	PHP

Для данной матрицы более предпочтительным вариантом решения оказался вариант 1, так как в этом исполнении предусмотрено два вида интерфейсов, удобное представление информации в виде таблиц.

6 Планирование научно-исследовательских работ

6.1 Структура работ

Для выполнения научного исследования была создана рабочая группа, в которую вошли научный руководитель (НР) и студент (С), а также был создан перечень работ и отдельных этапов в рамках проведения исследования. Данный перечень представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Утверждение темы проекта	1	Составление и утверждение темы проекта	НР
	2	Анализ актуальности и новизны темы проекта	
Выбор направления исследования	3	Изучение теоретического материала	С
	4	Определение направления исследований	НР, С
	5	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	6	Обзор литературы по теме	С
	7	Подбор нормативных документов	
	8	Анализ используемых средств и методов	
	9	Систематизация и оформление информации	
Проектирование	10	Разработка алгоритма программы	НР, С
	11	Разработка методики калибровки	С
Реализация	12	Реализация программы в среде программирования LabVIEW	С
Анализ результатов	13	Обработка результатов	НР, С
	14	Заключение	НР, С

6.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемого значения трудоемкости ($t_{ож i}$) используется следующая формула:

$$t_{ож i} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (7)$$

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

Для определения продолжительности работы (T_{pi}) в рабочих днях была использована формула, приведенная ниже.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (8)$$

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

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

Рассчитанные временные показатели проведения разработки приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Временные показатели проведения разработки

№	Содержание работ	Трудоемкость			Длительность в рабочих днях, T_p	Длительность в календарных днях, T_{ki}
		$t_{\min i}$	$t_{\max i}$	$t_{ож i}$		
1	2	3	4	5	6	7
1	Составление и утверждение темы проекта	2	4	2,8	1,4 (4 ч руководителя)	2
2	Анализ актуальности и новизны темы проекта	2	4	2,8	1,4 (4 ч руководителя)	2
3	Изучение теоретического материала	10	15	12	12	18
4	Определение направления исследований	2	5	3,2	1,6 (2 ч руководителя)	2
5	Календарное планирование работ	1	5	2,6	2,6 (1 ч руководителя)	4
6	Обзор литературы по теме	5	10	7	7	10
7	Подбор нормативных документов	2	4	2,8	2,8	4
8	Анализ используемых средств и методов	5	7	5,8	5,8	9
9	Систематизация и оформление информации	4	8	5,6	5,6	8
10	Разработка алгоритма программы	10	12	10,8	5,4 (4 ч руководителя)	8
11	Разработка методики калибровки	4	6	4,8	4,8	7
12	Реализация программы в среде программирования LabVIEW	12	15	13,2	13,2	20
13	Обработка результатов	4	5	4,4	2,2 (4 ч руководителя)	3
14	Заключение	2	4	2,8	2,8 (4 ч руководителя)	4

6.3 Разработка графика проведения научного исследования

В таблице 13 приведен календарный рейтинг-план научного исследования.

Таблица 13 – Календарный план-график

№	Содержание работ	Длительность в календарных днях, T_{ki}	Продолжительность выполнения работ											
			Февраль		Март			Апрель			Май			
			2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение темы проекта	2												
2	Анализ актуальности и новизны темы проекта	2												
3	Поиск и изучение теоретического материала исследования	18												
4	Определение направления исследований	2		 										
5	Календарное планирование работ	4		 										
6	Обзор научной литературы по теме	10												
7	Подбор нормативных документов	4												
8	Анализ используемых средств и методов	9												
9	Систематизация и оформление информации	8												
10	Разработка алгоритма программы	8						 						
11	Разработка методики калибровки	7												
12	Реализация программы в среде программирования LabVIEW	20												
13	Обработка результатов	3									 			
14	Заключение	4										 		
Примечание – На графике работы для научного руководителя выделены светлым цветом, а студента – черной заливкой.														

6.4 Определение бюджета научно-технического исследования

6.4.1 Расчет материальных затрат

В рамках выполнения ВКР были предусмотрены затраты не только на канцелярские принадлежности, но и на приобретение лицензии на среду разработки в LabVIEW и на синхронный усилитель SR830.

Расчет материальных затрат, представленный в таблице 14, осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{рас}xi}, \quad (9)$$

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

$N_{\text{рас}xi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования;

Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемого ресурса;

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 14 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z_m), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Заправка картриджа	Шт	1	1	1	300	300	300	345	345	345
Пачка бумаги формата А4	Шт	1	2	1	260	260	260	299	598	299
Персональный компьютер	Шт	1	2	2	25000	20000	25000	28750	46000	57500
Синхронный усилитель SR830	Шт	1	1	1	50190 0	50190 0	50190 0	57718 5	57718 5	57718 5
Лицензия на среду разработки	Шт	1	1	1	12000 0	15000 0	10000 0	13800 0	17250 0	11500 0
Итого								74457 9	79662 8	75032 9

Необходимо учитывать, что разработка проекта ведется с использованием средств целевой организации, и указанные в таблице 8 лицензии и средства измерений используются для многих реализуемых в организации проектов.

6.4.2 Расчет основной заработной платы исполнителей темы

Заработная плата участников выполнения НТИ складывается из основной заработной платы и дополнительной и рассчитывается по формуле:

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} . \quad (10)$$

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p , \quad (11)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} , \quad (12)$$

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

M – количество месяцев работы исполнителя без отпуска за период года;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Для расчета действительного годового фонда рабочего времени была заполнена таблица 15.

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	НР	С
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней	117	117
Потери рабочего времени:		
– отпуск;	48	48
– невыходы по болезни.	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	201	201

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (13)$$

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

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

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, принятый за 20 % от заработной платы по тарифной ставке;

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

В свою очередь тарифная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{тс}} = T_{\text{ci}} \cdot k_{\text{Т}}, \quad (14)$$

где T_{ci} – тарифная ставка работника первого разряда, принятая равной 600 руб.;

$k_{\text{Т}}$ – тарифный коэффициент, учитываемый по единой тарифной сетке для бюджетных организаций.

По результатам расчетов была заполнена таблица 16.

Таблица 16 – Расчет основной заработной платы для исполнения 1

Исполнители	Тарифная заработная плата	Премиальный коэффициент	Коэффициент доплат	Районный коэффициент	Месячный должностной оклад	Среднедневная заработная плата	Продолжитель ность работ	Заработная плата основная
Руководитель	26100	0,3	0,2	1,3	50895	2556,16	4	10224,65
Студент	1750	0,3	0,5	1,3	4095	916,69	39	8021,06
Итого:								18245,70

6.4.3 Расчет дополнительной заработной платы исполнителей темы

Дополнительная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (15)$$

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

В результате получили следующие значения:

- $З_{\text{доп(НР)}} = 1533,7$ руб.;
- $З_{\text{доп(С)}} = 1203,2$ руб.;
- $З_{\text{доп1}} = 2736,9$ руб.;

6.4.4 Расчет отчислений во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды для каждого исполнения, представленная в таблице 12 и 13, определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (16)$$

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

Таблица 12 – Отчисления во внебюджетные фонды для исполнения 1

Исполнители	$k_{\text{внеб}}$	$З_{\text{осн}}$, руб.	$З_{\text{доп}}$, руб.	$З_{\text{внеб}}$, руб.
НР	0,302	10224,65	1533,7	3551,02
С	0,302	8021,06	1203,2	2785,73
Итого		18245,71	2736,9	6336,75

6.4.5 Расчет накладных расходов

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов.

Их величина определяется по следующей формуле:

$$З_{\text{накл}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}} + З_{\text{внеб}}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (17)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент накладных расходов, взятый в размере 16 %.

Были получены следующие значения:

$$З_{\text{накл1}} = (744579 + 18245,7 + 2736,9) \cdot 0,16 = 122489,9 \text{ руб.}$$

6.4.6 Формирование бюджета затрат научно-технического исследования

Определение бюджета затрат на НТИ представлено в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	744579	796628	750329
2. Затраты на спец.оборудование	-	-	-
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей	18245,70	26266,76	26266,76
4. Отчисления	6336,75	9122,48	9122,48
5. Затраты командировки	-	-	-
6. Контрагентские расходы	-	-	-
7. Накладные расходы	122489,9	122489,9	122489,9
9. Бюджет затрат НТИ	891161,5	954507,1	908208,14

По полученным расчетам видно, что бюджет затрат НТИ в исполнении 1 составляет 891161,5 рублей, в то время как в исполнении 2 затраты составляют 954507,1, а в исполнении 3 – 908208,14. Отсюда следует вывод, что с точки зрения бюджетных затрат НТИ проект в исполнении 1 выгоднее.

7 Социальная ответственность

В данном разделе рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места и условий в которых будет реализовываться разработка, полученная в ходе написания ВКР, а именно, программное обеспечение, реализующее автоматизацию процесса калибровки цифрового синхронного усилителя, в соответствии с нормами производственной санитарии, техники безопасности и охраны труда и окружающей среды.

В дальнейшем, разработку, полученную в ходе написания данной ВКР, будет использовать инженер-метролог. Рабочее место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером (ПК), соединенным с цифровым синхронным усилителем. Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении.

Обработка полученной информации от усилителя и её визуализация производится на компьютере, состоящем из системного блока и монитора, поэтому выполняемые работы сводятся к взаимодействию с ПК.

В данном разделе рассматривается комплекс мероприятий, с помощью которых происходит минимизация негативного воздействия факторов, возникающие при работе с ПК. Благодаря проведению данных мероприятий можно повысить производительность труда сотрудников и улучшить условия работы в аудитории.

Так же были указаны чрезвычайные ситуации, которые могут произойти на рабочем месте и действия, которые необходимо выполнить в случае их возникновения.

7.1 Производственная безопасность

В данном пункте анализируются вредные и опасные факторы, которые могут возникать при разработке или эксплуатации проектируемого решения.

Для выбора факторов необходимо использовать ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [14].

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ комплексирования интервальных данных для повышения точности сенсоров в беспроводных сенсорных сетях

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Реализация методов комплексирования интервальных данных для повышения точности сенсоров в беспроводных сенсорных сетях	1. Отклонение показателей микроклимата; 2. Повышенная напряженность электромагнитного поля; 3. Превышение уровня электромагнитных излучений; 4. Недостаток естественного освещения; 5. Недостаточная освещенность рабочей зоны.	1. Электрический ток; 2. Опасность возникновения пожара.	– Параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.4-548-96 [2]; – Параметры электромагнитного излучения устанавливаются СанПиН 2.2.4.1191-03 [3]; – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [4]; – Требования к естественному и искусственному освещению устанавливаются СП 52.13330.2011 [5]; – ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования [6]; – ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования [7]; – НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности [8]; – Трудовой кодекс РФ [9]; – СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту [10]; – ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [11].

Далее более подробно будут изучены выявленные вредные и опасные факторы. Каждый фактор рассматривается в последовательности: источник возникновения фактора; физико-химическая природа фактора; приведение

допустимых норм с необходимой размерностью; предлагаемые средства защиты (коллективные и индивидуальные) для минимизации воздействия фактора.

7.1.1 Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственных помещений – метеорологические условия внутренней среды помещений, которые определяются действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности, скорости движения воздуха и теплового излучения; комплекс физических факторов, оказывающих влияние на теплообмен человека с окружающей средой, на тепловое состояние человека и определяющих самочувствие, работоспособность, здоровье и производительность труда. К параметрам микроклимата относятся: температура воздуха, температура поверхностей, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха.

Оптимальные значения этих характеристик зависят от сезона (холодный, тёплый), а также от категории физической тяжести работы. Для инженера-метролога она является лёгкой (1а), так как работа проводится сидя, без систематических физических нагрузок. Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений, в соответствии с периодом года и категорией работ, согласно СанПиН 2.2.4.548 [15], предоставлены в таблице 19, а допустимые величины показателей приведены в таблице 20.

Таблица 19 – Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория Ia (до 139)	23-25	21-25	40-60	0,1
Теплый	Категория Ia (до 139)	20-22	22-26	40-60	0,1

Таблица 20 – Допустимые параметры микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Категория Ia (до 139)	20-21,9	19-26	15-75	0,1
Теплый	Категория Ia (до 139)	21-22,9	20-29	15-75	0,1

Для создания благоприятных условий труда и повышения производительности, необходимо поддерживать оптимальные параметры микроклимата производственных помещений. Для этого должны быть предусмотрены следующие средства: центральное отопление, вентиляция (искусственная и естественная), искусственное кондиционирование.

7.1.2 Повышенный уровень электромагнитных излучений

При работе с ПК пользователь находится в непосредственной близости к монитору, что вызывает воздействие электромагнитных полей (ЭМП). Вредное влияние переменных магнитных полей должно быть учтено при организации рабочего места с персональными электронно-вычислительными машинами (ПЭВМ).

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

В диапазонах промышленной частоты, радиочастот, инфракрасного и частично ультрафиолетового света электромагнитные поля оказывают тепловое воздействие.

Если механизм терморегуляции тела не способен рассеять это избыточное тепло, возможно повышение температуры тела. Некоторые органы и ткани

человека, обладающие слабо выраженной терморегуляцией, более чувствительны к облучению (мозг, глаза, почки, кишечник).

Влияние электромагнитных излучений заключается не только в их тепловом воздействии. Микропроцессы, протекающие в организме под действием излучений, заключаются в поляризации макромолекул тканей и ориентации их параллельно электрическим силовым линиям, что может приводить к изменению свойств молекул; особенно для человеческого организма важна поляризация молекул воды [16].

Когда на человека воздействуют поля, напряженность которых выше допустимой нормы, то возникают нарушения нервной, сердечно-сосудистой системы и некоторых биологических показателей крови.

Работа проводилась на современном ПК, где значения электромагнитного излучения малы и отвечают требованиям, которые приведены в таблице 21.

Таблица 21 – Временно допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПЭВМ на рабочих местах [17].

Наименование параметров		ВДУ
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот от 5 Гц до 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот от 2 кГц до 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

Для обеспечения нормальной деятельности пользователя с учетом норм предельно допустимой напряженности ЭМП экран монитора должен находиться на расстоянии от 0,6 до 0,7 м, но не ближе, чем 0,5 м от глаз.

7.1.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Около 80 % общего объема информации человек получает через зрительный канал. Качество поступающей информации во многом зависит от освещения, неудовлетворительное качество которого вызывает утомление организма в целом. При неудовлетворительном освещении снижается производительность труда и увеличивается количество допускаемых метрологом ошибок.

Освещённость – физическая величина, характеризующая освещение поверхности, создаваемое световым потоком, падающим на эту поверхность. Освещённость измеряется в Люксах (СИ) и обозначают её буквой Е.

Так как работа инженера-метролога подразумевает зрительный тип работы, то организация правильного освещения играет значительную роль. Пренебрежение данным фактором может привести к профессиональным болезням зрения. Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести к головным болям. Причинами во многих случаях являются слишком низкие уровни освещенности, слепящее действие источников света и соотношение яркостей, которое недостаточно хорошо сбалансировано на рабочих местах. Головные боли также могут быть вызваны пульсацией освещения, что в основном является результатом использования электромагнитных пускорегулирующих аппаратов для газоразрядных ламп, работающих на частоте 50 Гц.

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

Работа с приборами относится к зрительным работам средней точности для помещений жилых и общественных зданий. Согласно СП 52.13330.2011 [18], такие помещения должны удовлетворять требованиям, указанным в таблице 22.

Таблица 22 – Требования к освещению помещений жилых и общественных зданий при зрительной работе средней точности

Характеристика зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Разряд зрительной работы	Подразряд зрительной работы	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение		Естественное освещение	
					Освещённость на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Коэффициент пульсации освещённости К _п , %, не более	КЕО е _н , %, при	
							Верхнем или комбинированном	Боковом
Высокой точности	Более 0,5	В	1	Не менее 70	150	20	2,0	0,4
			2	Менее 70	100	20	2,0	0,5

7.2 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Необходимо последовательно рассмотреть, как проектируемое решение и используемые для его создания вещества и материалы будут влиять на атмосферу, гидросферу и литосферу и предложить решения по обеспечению экологической безопасности.

В связи с тем, что основным средством работы является ПК, серьезной проблемой является электропотребление. Это влечет за собой общий рост объема потребляемой электроэнергии. Для удовлетворения потребности в электроэнергии, приходится увеличивать мощность и количество электростанций. Это приводит к нарушению экологической обстановки, так как электростанции в своей деятельности используют различные виды топлива, водные ресурсы, а также являются источником вредных выбросов в атмосферу.

Данная проблема является мировой. На сегодняшний день во многих странах внедрены альтернативные источники энергии (солнечные батареи,

энергия ветра). Еще одним способом решения данной проблемы является использование энергосберегающих систем.

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

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

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

Утилизация электрических приборов осуществляется сотрудниками университета и предусматривает следующую поэтапность:

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

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

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

7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном подразделе рассматриваются вероятные чрезвычайные ситуации, которые могут возникнуть при разработке или эксплуатации проектируемого решения. Чрезвычайные ситуации (ЧС) могут быть техногенного, природного, биологического, социального или экологического характера.

Прежде всего, рассматриваются вероятные источники ЧС, которые могут возникнуть в результате реализации разработанных в ВКР проектных решений.

Далее необходимо разработать превентивные меры по предупреждению возникновения ЧС. Разработать порядок действия в результате возникновения ЧС и меры по ликвидации её последствий.

Наиболее характерной ЧС для данного производственного помещения является пожар. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004 [19] и ГОСТ 12.1.010 [20].

Пожарная опасность ПЭВМ, обусловлена наличием в применяемом электрооборудовании горючих изоляционных материалов. Горючими являются изоляция обмоток соединительных проводов и кабелей.

Согласно определению категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной безопасности [21] производства подразделяются по пожарной и взрывной опасности на категории А, Б, В, Г, Д.

Помещение по пожарной и взрывной опасности относят к категории Г (умеренная пожароопасность), характеризующейся отсутствием легковоспламеняющихся веществ и материалов в горячем состоянии.

При строительстве зданий и сооружений с учётом категории производства применяют строительные материалы и конструкции, которые подразделяются на три группы:

- сгораемые;
- трудносгораемые;
- несгораемые.

Здание, в котором находится помещение относится к несгораемым.

Тушение горящего электрооборудования под напряжением должно осуществляться имеющимися огнетушителями ОУ-5. Чтобы предотвратить пожар необходимо соблюдение следующих организационных мероприятий:

- правильная эксплуатация приборов, установок;
- правильное содержание помещения;
- противопожарный инструктаж сотрудников аудитории;
- издание приказов по вопросам усиления ПБ;

– организация добровольных пожарных дружин, пожарно-технических комиссий;

– наличие наглядных пособий и т.п.

В случаях, когда не удастся ликвидировать пожар самостоятельно, необходимо вызвать пожарную охрану и покинуть помещение, руководствуясь планом пожарной эвакуации.

В производственных помещениях должно быть не менее двух эвакуационных выходов. Здание корпуса 10, в котором располагается аудитория 208 б, соответствует требованиям пожарной безопасности. В здании установлена система охранно-пожарной сигнализации, имеются в наличии порошковые огнетушители и план эвакуации, а также установлен план эвакуации с указанием направлений к запасному (эвакуационному) выходу.

На рисунке 19 представлен план эвакуации при возникновении пожара и других ЧС.



Рисунок 19 – План эвакуации (второй этаж)

7.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовой основой законодательства в области обеспечения безопасности жизнедеятельности, в том числе и в техносфере, является Конституция –

основной закон государства. Законы и иные правовые акты, принимаемые в Российской Федерации, не должны ей противоречить.

Другими источниками права в области обеспечения безопасности жизнедеятельности в техносфере являются:

- федеральные законы;
- указы Президента Российской Федерации;
- постановления Правительства Российской Федерации;
- приказы, директивы, инструкции, наставления и другие нормативные акты министерств и ведомств;
- правовые акты субъектов Российской Федерации и муниципальных образований (указы, постановления):
- приказы (распоряжения) руководителя.

7.4.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Государственный надзор и контроль в организациях осуществляют специально уполномоченные на то государственные органы и инспекции в соответствии с федеральными законами.

Законодательством РФ регулируются отношения между организацией и работниками, касающиеся оплаты труда, трудового распорядка, социальных отношений, особенности регулирования труда женщин, детей, людей с ограниченными способностями и др.

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Для работников до 16 лет – не более 24 часов в неделю, от 16 до 18 лет – не более 35 часов, как и для инвалидов I и II группы. Для работников, работающих на местах, отнесенных к вредным условиям труда 3 и 4 степени – не более 36 часов.

Возможно установление неполных рабочих дней для беременной женщины; одного из родителей (опекуна, попечителя), имеющего ребенка в возрасте до четырнадцати лет (ребенка-инвалида в возрасте до восемнадцати

лет). Оплата труда при этом производится пропорционально отработанному времени. Ограничений продолжительности ежегодного основного оплачиваемого отпуска, исчисления трудового стажа и других трудовых прав при этом не имеется.

Организация обязана предоставлять ежегодные отпуска продолжительностью 28 календарных дней. Для работников, занятых на работах с опасными или вредными условиями, предусматривается дополнительный отпуск.

Работнику в течение рабочего дня должен предоставляться перерыв не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Всем работникам предоставляются выходные дни, работа в выходные дни производится только с письменного согласия работника.

Организация выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы, в случаях, предусмотренных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя.

Законодательством РФ запрещены дискриминация по любым признакам, а также принудительный труд [22].

7.4.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

В данном пункте приводятся эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны исследователя, проектируемой рабочей зоны в производственных условиях для создания комфортной рабочей среды.

Основным объектом в производственных условиях является рабочее место, представляющее собой в общем случае пространство, в котором может находиться человек при выполнении производственного процесса.

Рабочее место пользователя ПЭВМ следует оборудовать подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности

подставки до 20°. Поверхность подставки должна быть рифленой и иметь по переднему краю бортик высотой 10 мм. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы. Окна в помещениях, где эксплуатируется вычислительная техника, преимущественно должны быть ориентированы на север и северо-восток [23].

Выполняя планировку рабочего места необходимо учитывать следующее:

а) Рекомендуемый проход слева, справа и спереди от стола 500 мм. Слева от стола допускается проход 300 мм;

б) Рабочие места с ПЭВМ при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5-2,0 м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики;

в) Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего кресла следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ;

г) Кресло не может располагаться непосредственно на границе площади рабочего места. Рекомендуемое расстояние от спинки стула до границы должно быть не менее 300 мм [24].

Заключение

В ходе проведенной выпускной квалификационной работы было разработано ПО, реализующее автоматизацию процесса калибровки цифрового синхронного усилителя SR830 на основе методики калибровки, которая также была разработана. Разработанная методика калибровки позволяет определить следующие метрологические характеристики цифрового синхронного усилителя SR830: входное сопротивление, частотный диапазон и разрешающую способность.

Также для подробного описания работы с разработанным ПО было составлено руководство оператора, в котором отражены подробные действия при работе с программой и необходимое оборудование.

Разработанное ПО может быть использовано органами государственной метрологической службы для калибровки цифрового синхронного усилителя SR830.

Список использованных источников

1. Баранов П.Ф., Борилов В.Н. Синхронные усилители с дифференциальным входом // Известия ТПУ.– 2013–Т. 322. –№ 4, – С, 155–159.
2. Model SR830 DSP Lock-In Amplifier. User's Manual. – Stanford Research Systems, 2006. – 178 p.
3. А.В. Степанов. Описание задачи. Синхронный детектор: Практикум. – Москва: МГУ, 1997.– 14 с.
4. Баранов П.Ф., Борилов В.Н. Синхронные усилители для метрологического обеспечения измерительных преобразователей. – Томск: ТПУ, 2014 – 166 с.
5. ГОСТ Р 8.879-2014 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Методики калибровки средств измерений. Общие требования к содержанию и изложению. – М.: Стандартиформ, 2014.– 6 с.
6. Р РСК 002-06 Основные требования к методикам калибровки, применяемым в Российской системе калибровки. – М.: Стандартиформ, 2006.– 17 с.
7. Анатолия GPIB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ixbt.com/mainboard/gpib.html> (дата обращения 14.03.2017 г.).
8. LabVIEW-графическое программирование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://labview-ifat.narod.ru/page1.html> (дата обращения 21.03.2017 г.)
9. ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации (ЕСКД). Общие требования к текстовым документам. – М.: Стандартиформ, 2006.– 28 с.
10. Баранов П.Ф. Анализ ослабления синфазного сигнала в инструментальных усилителях // Современные техника и технологии: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 3 т., Томск, 15-19 Апреля 2013. - Томск: ТПУ, 2013 - Т. 1 - С. 123-124. - Режим доступа:

<http://portal.tpu.ru:7777/science/konf/ctt/proceedings/2013> (дата обращения 14.03.2017 г.).

11. Баранов П.Ф., Бороков В.Н. Уровень современного технического развития синхронных усилителей с дифференциальным входом // Вестник науки Сибири. - 2013 - №. 1(7). - С. 69-74. - Режим доступа: <http://sjs.tpu.ru/journal/article/viewPDFInterstitial/608/460>.

12. Баранов П.Ф. Синхронный усилитель для поверки и калибровки индуктивных делителей напряжения // Киев, 1-2 Октября 2011. - Киев: Авега, 2011 - С. 166-173.

13. Баранов П.Ф. Устройство сравнения двух напряжений с виртуальной панелью управления // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 11-13 Мая 2011. - Томск: Изд-во СПБ Графикс, 2011 - Т. 2 - С. 268-269.

14. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М.: Изд-во стандартов, 2016. – 16 с.

15. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 1997. – 20 с.

16. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях. – М.: Минздрав России, 2003. – 39 с.

17. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы: СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003. – 36 с.

18. Свод правил: СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. М.: Минрегион России, 2011. – 74 с.

19. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 67 с.

20. ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 6 с.
21. Нормы пожарной безопасности: НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: МЧС России, 2003. – 26 с.
22. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. Официальный текст. – М.: Пропаганда: Омега-Л, 2002. – 176 с.: ил. – (Российская правовая библиотека).
23. Свод правил: СП 2.2.2.1327-03 Гигиенические требования к организации технологических процессов, производственному оборудованию и рабочему инструменту. М.: Минздрав России, 2003. – 52 с.
24. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. М.: Изд-во стандартов, 1986. – 9 с.

Приложение Б
(обязательное)
Руководство оператора

Утвержден
ФЮРА.ХХХХХ-ХХХ-ХХПД-ЛУ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ SR830

Руководство оператора

ФЮРА.ХХХХХ-ХХХ-ХХПД

АННОТАЦИЯ

Настоящий документ содержит общие сведения для обеспечения процедуры общения оператора с программным обеспечением в процессе выполнения программы.

Программный документ «Руководство оператора» оформлен в соответствии с требованиями ГОСТ 19.505, ГОСТ 19.101, ГОСТ 19.105.

1 Назначение программы

Программа «SR830» предназначена для управления параметрами цифрового синхронного усилителя SR830 и считывания с него информации.

2 Условия выполнения программы

Требования к аппаратному обеспечению:

- процессор: Intel Pentium 4 2000 МГц или выше (либо эквивалентный);
- ОЗУ: 2048 МБ рекомендуется (1024 МБ минимум; 4096 МБ ГБ максимум);
- 1024 МБ свободного дискового пространства;
- клавиатура;
- мышь или совместимое указывающее устройство;
- интерфейс GPIB-USB.

Требования к программному обеспечению:

- ОС Windows XP SP3, Windows 7 SP1, Windows 8.1;
- LabVIEW 2014 Windows версия;
- Драйвер GPIB-USB-H.

3 Подготовка к работе

С помощью преобразователя GPIB-USB соединить цифровой синхронный усилитель SR830 с портом USB персонального компьютера. Включить прибор, проверить работоспособность GPIB: на преобразователе должен гореть светодиод с надписью «READY».

4 Работа с ПО

Запустить виртуальный прибор (ВП) SR830.

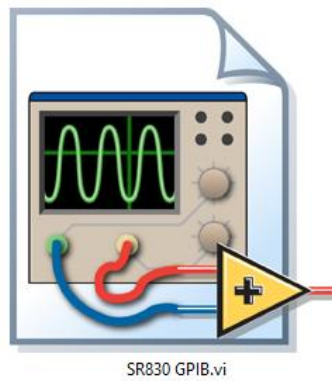


Рисунок Б.1 – Виртуальный прибор SR830

На рисунке Б.2 приведена лицевая панель виртуального прибора SR830.

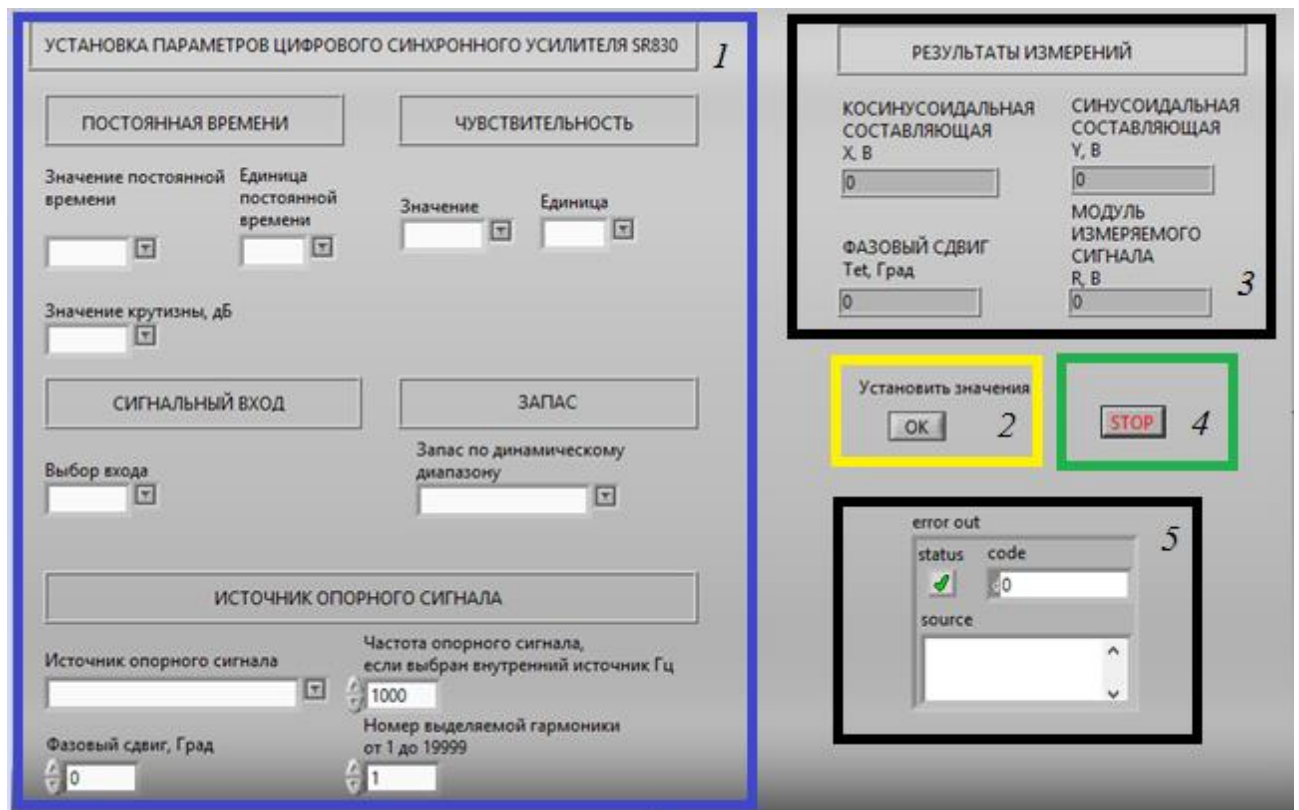


Рисунок Б.2 – Лицевая панель виртуального прибора SR830

На лицевой панели выбрать блок «УСТАНОВКА ПАРАМЕТРОВ» – блок 1, на рисунке Б.2 он выделен синим цветом. В этом блоке установить требуемые значения параметров.

После установки всех параметров усилителя необходимо надавить на лицевой панели кнопку «Установить значения» – блок 2.

В блоке «Результат измерений» появятся значения синусоидальной составляющей сигнала (Y), косинусоидальной (X), модуля измеряемого сигнала (R) и фазы (Tet) – отображение результатов измерений в блоке 3.

В случае, если установлены неверные значения или не установлены значения каких-либо параметров, в блоке ошибок «error out» – блок 4 появится красный крест и описание ошибки.

После того, как все измерения были проведены, перейдите в блок 5 и надавите кнопку «STOP».

Приложение В

(обязательное)

Интерактивная матрица

Интерактивная матрица помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Таблица В.1 – Сильные стороны и возможности проекта

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

Таблица В.2 – Сильные стороны и угрозы проекта

Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		С1	С2	С3
	У1	-	0	0
	У2	+	-	+
	У3	-	-	-

Таблица В.3 – Слабые стороны и возможности проекта

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

Таблица В.4 – Слабые стороны и угрозы проекта

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