

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

---

Институт – Физико-технический  
Направление – Ядерные физика и технологии  
Кафедра – Электроника и автоматика физических установок  
Специальность – Электроника и автоматика физических установок

**ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ**

Тема работы
<b>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТРОЙСТВА ИМИТАЦИИ ТЕСТОВЫХ СИГНАЛОВ</b>

УДК 004.415:621.391.08

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0711	Рыбников А.В.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Обходский А.В.	канд. техн. наук, доцент		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Меньшикова Е.В.	канд. филос. наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Акимов Д.В.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭАФУ	Горюнов А.Г.	д-р техн. наук, доцент		

Томск – 2017 г.

## ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Представлять современную картину мира на основе целостной системы естественнонаучных и математических знаний, а также культурных ценностей; понимать социальную значимость своей будущей профессии, обладать высокой мотивацией к выполнению профессиональной деятельности, защите интересов личности, общества и государства; быть готовым к анализу социально-значимых процессов и явлений, применять основные положения и методы гуманитарных, социальных и экономических наук при организации работы в организации, к осуществлению воспитательной и образовательной деятельности в сфере публичной и частной жизни.
Р2	Обладать способностями: действовать в соответствии с Конституцией РФ, исполнять свой гражданский и профессиональный долг, руководствуясь принципами законности и патриотизма, правилами и положениями, установленные законами и другими нормативными правовыми актами; к логическому мышлению, обобщению, анализу, прогнозированию, постановке исследовательских задач и выбору путей их достижения; понимать основы национальной и военной безопасности РФ; работать в многонациональном коллективе; формировать цели команды, применять методы конструктивного разрешения конфликтных ситуаций; использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и научно-производственных работ.
Р3	Самостоятельно, методически правильно применять методы

	самостоятельного физического воспитания для повышения адаптационных резервов организма и укрепления здоровья, готовностью к достижению и поддержанию должного уровня физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P4	Свободно владеть литературной и деловой письменной и устной речью на русском языке, навыками публичной и научной речи. Уметь создавать и редактировать тексты профессионального назначения, владеть одним из иностранных языков как средством делового общения.
P5	Находить организационно-управленческие решения в нестандартных ситуациях и нести за них ответственность; быть готовым к принятию ответственности за свои решения в рамках профессиональной компетенции, принимать решения в нестандартных условиях обстановки и организовывать его выполнение, самостоятельно действовать в пределах предоставленных прав; самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля для приобретения новых знаний и умений, в том числе в новых областях, непосредственно не связанных со сферой деятельности, развития социальных и профессиональных компетенций.
P6	Применять основные законы естественнонаучных дисциплин, математический аппарат, вычислительную технику, современные методы исследований процессов и объектов для формализации, анализа и выработки решения профессиональных задач.
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
P7	Уметь самостоятельно повышать уровень знаний в области профессиональной деятельности, приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической

	<p>деятельности новые знания и умения; использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт, методы научно-исследовательской и практической деятельности, современные компьютерные технологии и базы данных в своей предметной области; работать с информацией в глобальных компьютерных сетях; оценивать перспективы развития АСУ и АСНИ физических установок (вооружения и техники, процессов и аппаратов атомной промышленности и энергетики), использовать современные достижения в научно-исследовательских работах.</p>
P8	<p>Применять знания о процессах в ядерных энергетических и физических установках, и о технологических процессах ядерного топливного цикла используя методы математического моделирования отдельных стадий и всего процесса для разработки АСУ ТП и АСНИ с применением пакетов автоматизированного проектирования и исследований.</p>
P9	<p>Использовать знания о протекающих процессах в ядерных энергетических установках, аппаратах производств ядерного топливного цикла, теории и практики АСУ ТП, при проектировании, настройке, наладке, испытаниях и эксплуатации современного оборудования, информационного, организационного, математического и программного обеспечения, специальных технических средств, сооружений, объектов и их систем; организовать эксплуатацию физических установок (вооружения и техники, процессов и аппаратов атомной промышленности и энергетики), современного оборудования и приборов с учетом требований руководящих и нормативных документов; быть готовым к освоению новых образцов физических установок, составлению инструкций по эксплуатации оборудования и программ испытаний.</p>

P10	<p>Использовать технические средства и информационные технологии, проводить предварительное технико-экономического обоснования проектных расчетов устройств и узлов приборов и установок, расчет, концептуальную и проектную проработку программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ, применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач с учетом неопределенностей объекта управления, разрабатывать способы применения программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ, решать инженерно-физические и экономические задачи, применяя знания теории и практики АСУ, включающее математическое, информационное и техническое обеспечения, для проектирования, испытания, внедрения и эксплуатации АСУ ТП и АСНИ.</p>
P11	<p>Понимать сущность и значение информации в развитии современного общества, соблюдать основные требования безопасности и защиты государственной тайны; выполнять мероприятия по восстановлению работоспособности физических установок (вооружения и техники, процессов и аппаратов атомной промышленности и энергетики) при возникновении аварийных ситуаций, разрабатывать методы уменьшения риска их возникновения; проводить анализ и оценку обстановки для принятия решения в случае возникновения аварийных ситуаций, экологическую безопасность, нормы и правило производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности.</p>
P12	<p>Разрабатывать проекты нормативных и методических материалов, технических условий, стандартов и технических описаний средств АСУ ТП и АСНИ, регламентирующих работу в сфере профессиональной деятельности; осуществлять</p>

	<p>разработку технического задания, расчет, проектную проработку современных устройств и узлов приборов, установок (образцов вооружения, программно-технических средств АСУ ТП и АСНИ), использовать знания методов анализа эколого-экономической эффективности при проектировании и реализации проектов.</p>
P13	<p>Использовать в профессиональной деятельности нормативные правовые акты в области защиты государственной тайны, интеллектуальной собственности, авторского права и в других областях; осуществлять поиск, изучение, обобщение и систематизацию научно-технической информации, нормативных и методических материалов в сфере своей профессиональной деятельности.</p>
P14	<p>Проявлять и активно применять способность к организации и управлению работой коллектива, в том числе: находить и принять управленческие решения в сфере профессиональной деятельности; разрабатывать планы работы коллективов; контролировать соблюдение технологической дисциплины, обслуживания, технического оснащения, размещения технологического оборудования; организовывать учет и сохранность физических установок (вооружения и техники), соблюдение требований безопасности при эксплуатации; использовать основные методы защиты персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий.</p>
P15	<p>Демонстрировать способность к осуществлению и анализу научно-исследовательских, технологических и пуско-наладочных работ, разработке планов и программ их проведения, включая ядерно-физические эксперименты, выбору методов и средств решения новых задач с применением</p>

	<p>современных электронных устройств, представлению результатов исследований и формулированию практических рекомендаций их использования в формах научно-технических отчетов, обзоров, публикаций по результатам выполненных работ; выполнять полный объем работ, связанных с техническим обслуживанием физических установок с учетом требований руководящих и нормативных документов.</p>
--	--

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

---

Институт – Физико-технический  
Направление – Ядерные физика и технологии  
Кафедра – Электроника и автоматика физических установок  
Специальность – Электроника и автоматика физических установок

**УТВЕРЖДАЮ**  
Зав. кафедрой ЭАФУ ФТИ  
\_\_\_\_\_ А.Г. Горюнов  
«03» октября 2016 г.

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

**В форме:**

Дипломного проекта
--------------------

**Студенту:**

Группа	ФИО
0711	Рыбникову А.В.

**Тема работы:**

Тема ВКР в соответствии с приказом
------------------------------------

<b>Утверждена приказом директора ФТИ</b>
--

от 31.10.2016 № 9286/с
------------------------

<b>Дата сдачи студентом выполненной работы</b>	23 января 2017 г.
--	-------------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Объект исследования – устройство имитации тестовых сигналов (далее по тексту – устройство формирования тестовых сигналов, устройство), предназначенное для проверки работоспособности элементов АСУ ТП, и программное обеспечение для его функционирования. Программное обеспечение должно обеспечивать: 1. Виртуализацию устройства формирования тестовых сигналов на базе ЭВМ; 2. Формирование тестовых сигналов для модулей дискретного и аналогового ввода/вывода. 3. Формирование тестовых сигналов с помощью устройства через интерфейс RS-485 по протоколу Modbus RTU. 4. Возможность задания типа тестовых аналоговых сигналов – ток или напряжение.
---------------------------------	--



	<p>5. Тестовые сигналы должны формироваться с помощью графического интерфейса пользователя.</p> <p>6. Должны быть предусмотрены ручной и автоматический режим обновления значений сигналов.</p> <p>7. Должна быть предусмотрена возможность объединения нескольких устройств формирования тестовых сигналов в единую систему.</p> <p>8. Должны быть предусмотрены стандартные диапазоны задания тестовых сигналов, применяемые в устройствах АСУ ТП.</p>
--	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Аналитический обзор существующих решений по созданию систем тестирования АСУ ТП, разработка алгоритма тестирования АСУ ТП, разработка алгоритмов программного обеспечения устройства формирования тестовых сигналов, разработка алгоритма программы виртуализации устройства, программная реализация разработанных алгоритмов, проверка работоспособности программного обеспечения на экспериментальном образце устройства формирования тестовых сигналов.
---	--

<b>Перечень графического материала</b>	<p>Схема алгоритма тестирования элементов АСУ ТП.</p> <p>Схема алгоритма функционирования программного обеспечения устройства.</p> <p>Схема алгоритма функционирования программы виртуализации устройства.</p> <p>Чертеж формы графического интерфейса программы виртуализации устройства.</p>
--	--

**Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы**

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	доцент, канд. филос. наук Меньшикова Е.В.
Социальная ответственность	ассистент Акимов Д.В.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	03 октября 2016 г.
---	--------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Обходский А.В.	канд. техн. наук, доцент		03.10.16

**Задание принял к исполнению студент**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0711	Рыбников А.В.		03.10.16

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 124 с., 19 рис., 18 табл., 18 источников, 2 прил.

УСТРОЙСТВО ФОРМИРОВАНИЯ ТЕСТОВЫХ СИГНАЛОВ, ТЕСТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, УДАЛЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ПРОВЕРКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Объектом исследования является устройство имитации сигналов (далее по тексту, устройство формирования тестовых сигналов, устройство), для тестирования работоспособности модулей УСО на всех уровнях АСУ ТП.

Цель работы – обеспечение удаленного управления устройством формирования тестовых сигналов.

В процессе исследования проводился аналитический обзор существующих решений в области создания средств тестирования АСУ ТП.

В результате выполнения работы, разработаны алгоритмы удаленного управления и контроля параметров устройства формирования тестовых сигналов. Все алгоритмы реализованы в виде программы устройства формирования тестовых сигналов.

Область применения: тестирование модулей УСО в автоматических системах управления технологическим процессом и других элементов системы.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

СТО 11233753-001-2006-10-29. Системы автоматизации монтажа и наладка.

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

СНиП 23-05-95 Естественное и Искусственное Освещение.

СН 2.2.4/2.1.8.562–96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

СП 52.13330.2011 Свод правил. Естественное и искусственное освещение.

В работе используются следующие сокращения:

автоматизированная система управления технологическим процессом;  
АСУ ТП.

программируемая логическая интегральная схема; ПЛИС

микроконтроллер; МК

программное обеспечение; ПО

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	15
1 Аналитический обзор существующих решений.....	16
1.1 Актуальность .....	16
1.2 Решения для тестирования средств АСУ ТП от L-CARD .....	17
1.3 Решения для тестирования средств АСУ ТП от National Instruments .....	19
1.4 Решения для тестирования средств АСУ ТП от АКТАКОМ.....	22
1.5 Вывод по разделу .....	27
2 Разработка программного обеспечения устройства формирования тестовых сигналов.....	28
2.1 Структура комплекса технических средств тестирования АСУ ТП .....	28
2.2 Структура устройства формирования сигналов .....	30
2.3 Разработка структуры программного обеспечения устройства формирования тестовых сигналов.....	32
2.3.1 Общий алгоритм тестирования АСУ ТП.....	32
2.3.2 Разработка алгоритма программы виртуализации устройства формирования тестовых сигналов.....	33
2.3.3 Разработка алгоритма функционирования микроконтроллера устройства формирования тестовых сигналов.....	35
2.3.4 Разработка алгоритма функционирования ПЛИС устройства формирования тестовых сигналов.....	37
2.4 Программная реализация алгоритмов.....	39
2.5 Вывод по разделу .....	42
3 Экспериментальные исследования программного обеспечения устройства формирования тестовых сигналов.....	44
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	44
3.2 Методики экспериментальных исследований .....	46

3.3	Анализ результатов экспериментальных исследований.....	51
3.4	Вывод по разделу .....	52
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	26
4.1	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	26
4.2	FAST-анализ .....	28
4.3	SWOT-анализ.....	31
4.4	Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	33
4.5	Инициация проекта .....	34
4.6	Бюджет научного исследования .....	37
4.7	Реестр рисков проекта .....	43
4.8	Оценка сравнительной эффективности исследования.....	44
5	Социальная ответственность.....	76
5.1	Введение.....	76
5.2	Характеристика вредных и опасных факторов, имеющих место в лаборатории .....	77
5.3	Электробезопасность .....	78
5.4	Мероприятия по борьбе с производственным шумом .....	81
5.5	Мероприятия по пожарной безопасности .....	82
5.6	Мероприятия по выполнению норм естественного и искусственного освещения.....	85
5.7	Мероприятия по выполнению норм вентиляции и отопления.....	86
5.8	Выводы по разделу .....	86
	Заключение .....	88
	Список используемых источников.....	90
	Приложение А Текст программы .....	92
	Приложение Б Презентация .....	на отдельных листах 124
	Титульный лист	
	Цель и задачи	

Обзор существующих решений  
Объект исследования  
Структурная схема устройства  
Алгоритм тестирования АСУ ТП  
Алгоритм функционирования программы виртуализации  
Алгоритм функционирования микроконтроллера  
Алгоритм функционирования ПЛИС  
Форма главного окна интерфейса пользователя ПО виртуализации  
Схема эксперимента  
Результаты экспериментального исследования  
Затраты на разработку  
Результаты работы  
Диск CD-R.....в конверте на обороте обложки  
643.ФЮРА.00006 – 01 81 01 Пояснительная записка ВКР. Файл  
Рыбников\_ВКР.docx  
Презентация РыбниковА.В.\_ВКР\_ЭАФУ.pptx  
643.ФЮРА.00006 – 01 81 01. Текст программы. Файл Текст  
программы.docx

## ВВЕДЕНИЕ

Автоматизация технологических процессов является важным направлением, в котором развивается производство во всем мире. Вся выполняемая ранее человеком работа, причем не только физическая, но и интеллектуальная, постепенно стремится перейти к автоматизированному техническому процессу, который сам осуществляет производственные и прочие циклы, управляет и контролирует ими. Роль человека постепенно сводится к контролю за автоматическим процессом во многих отраслях, а не посредственное участие в нем. Автоматизация позволяет значительно увеличивать производительность труда, повысить точность производства, безопасность, экологичность, позволяет улучшать качество продукции и намного рациональнее использовать ресурсы производства, в том числе, и потенциал человека.

Любой технологический процесс направлен на осуществление конкретной цели, изготовления конечной продукции, или получения иного промежуточного результата. Так, для поддержания стабильного и точного производства, необходима исправная и постоянная работа всего процесса. Для этого необходимо поддерживать все технические средства в рабочем состоянии, обеспечивающие правильные, точные показания. Следовательно, необходимы средства для проверки работоспособности системы, нахождения неисправностей и проведения качественных ремонтных работ. Одним из таких, является устройство формирования тестовых сигналов. Для которого разрабатывается программное обеспечение моей выпускной квалификационной работы.

					<i>643.ФЮРА.00006 – 01 81 01</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Рыдников</i>				<i>Введение</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Обходский</i>							
<i>Консульт</i>								
<i>Н. Контр.</i>	<i>Ефремов</i>					<i>ТПУ</i>	<i>ФТИ</i>	
<i>Утверд.</i>	<i>Горюнов</i>					<i>Группа</i>	<i>0711</i>	

# 1 Аналитический обзор существующих решений

## 1.1 Актуальность

Без применения автоматизации технологических процессов в современном обществе не обходится ни одна отрасль производства. Наибольшее распространение получило внедрение и проектирование АСУ ТП в нефтяной, газовой и атомной промышленности, ЖКХ, энергетика, металлургия и многие другие.

В АСУ ТП объектами управления являются технологические процессы, представляющие совокупность способов и средств проведения конкретных производственных операций по изготовлению промышленной продукции. В таких системах осуществляют контроль технологических параметров, определяющих режим и качество обработки, состояние механизмов и прочее. Задачей управления является оптимизация этих параметров. АСУ ТП характеризуется возможностью полного исключения человека, из контура управления.

Согласно межгосударственному стандарту (ГОСТ 24.10-85), в АСУ должны быть предусмотрены контроль правильности выполнения автоматизируемых функций и диагностирование, с указанием места, вида и причины возникновения нарушений правильности функционирования АСУ. В системах имеющих измерительные каналы, должна быть предусмотрена возможность контроля метрологических характеристик измерительных каналов [1]. В настоящее время в области АСУ ТП применяется большое количество различного измерительного оборудования. При введении такого оборудования в эксплуатацию, ремонту, демонтажу, необходимо проверка его работоспособности.

					<i>643.ФЮРА.00006 – 01 81 01</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Рыбников</i>					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>	<i>Обходский</i>						<i>Листов</i>
<i>Консульт</i>					<i>Аналитический обзор</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Ефремов</i>					<i>ТПУ</i>	<i>ФТИ</i>
<i>Утверд.</i>	<i>Горюнов</i>					<i>Группа</i>	<i>0711</i>



Пусконаладочными работами является комплекс работ, включающий проверку, настройку и испытания электрооборудования с целью обеспечения электрических параметров и режимов, заданных проектом [7]. Для проверки их работоспособности необходим программно-технический комплекс, позволяющий формировать и принимать различного рода сигналы. Проведение проверки общей работоспособности и специальных функциональных возможностей измерительного и диагностического оборудования должно осуществляться как в лабораторных условиях, так и для тестирования оборудования в условиях эксплуатации.

## **1.2 Решения для тестирования средств АСУ ТП от L-CARD**

L-CARD – российская высокотехнологичная компания в области проектирования и производства электронного оборудования промышленной автоматизации с 1989 года и в настоящее время является одной из лидирующих. Компания ориентирована на мелкосерийное производство высококлассных изделий как для оснащения небольших узлов промавтоматики, так и для крупных объектов.

Решение компании L-CARD представляет собой отдельные программные обеспечения, предназначенные для тестирования и управления отдельных видов модулей УСО. Примером такого ПО является LWP-Studio II (рисунок 1), предназначенного для анализатора качества электроэнергии таких как LPW-304, LPW-305, LPW-306. (рисунок 2).

Контроллер производит измерения параметров качества электрической энергии по трем каналам напряжения и трем каналам тока с передачей по интерфейсам Ethernet, RS-485 или RS-232, по протоколу MODBUS. Сигнал поступает на ЭВМ удаленного пульта управления, где установлено ПО для этого модуля.

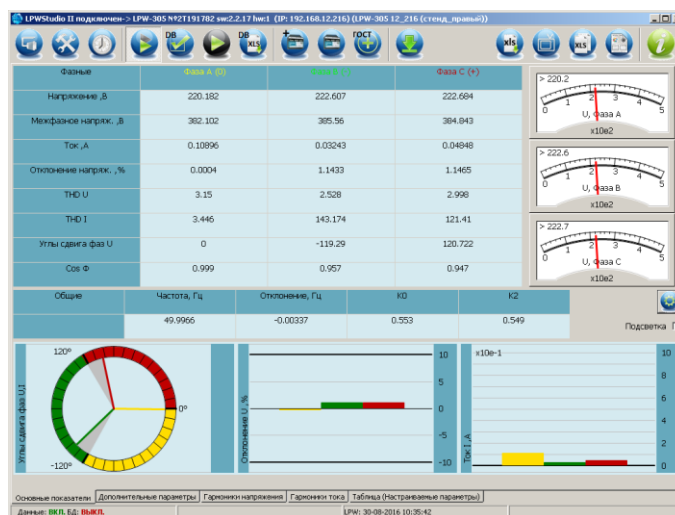


Рисунок 1 – Интерфейс программы LWP-Studio II

В зависимости от выбранного интерфейса скорость передачи сигнала с устройств, связанных с пультом управления, самым быстрым из которых является Ethernet [8]. Программное обеспечение, LWP-Studio II, разработанное для управления и тестирования этого модуля, имеет возможность внутренней настройки параметров прибора при выборе диапазона входных напряжений, токов, схемы подключения, параметров соединения.



Рисунок 2 – Анализатор качества электроэнергии LPW-305

Позволяет настраивать прибор на длительную автономную работу по сбору данных во внутреннюю память, на случай отсутствия возможности отслеживания в режиме Online. Что является полезным на стадии

тестирования. При эксплуатации модуля в рабочем режиме, программный комплекс позволяет получать и отображать параметры качества электрической энергии в режиме Online. Полученные данные отображаются в текстовом виде, в виде диаграмм с возможностью экспорта в файлы .xlsx и .docx. Реакция прибора на различные события, например, выхода параметров ПКЭ за установленные пределы, отображается в интерфейсе программы. LWP-Studio II, позволяет обновлять внутреннее программное обеспечение прибора LPW-305, в случае если оно выйдет из строя. В случае подключения нескольких приборов одной серии по Ethernet, возможно тестирования и управления всеми сразу при помощи одного ПО.

Одним из главных недостатком является узкая направленность. Каждое разработанное ПО, направленно для тестирования приборов, разрабатываемого сомой компанией L-CARD. Нет возможности тестирования приборов других производителей. Еще одним недостатком является, отсутствие тестирования входных цепей формирования или измерения сигналов. Стоимость модуля совместно с программным обеспечением , составляет 60400 р [2].

### **1.3 Решения для тестирования средств АСУ ТП от National Instruments**

National Instruments, или NI (NASDAQ: NATI) — американская компания, насчитывающая свыше 6000 сотрудников и имеющая представительства в 41 стране мира. Штаб-квартира компании расположена в г.Остин, Техас. National Instruments является одним из мировых лидеров в технологии виртуальных приборов и в разработке и изготовлении аппаратного и программного обеспечения для систем автоматизированного тестирования.

Разработки компании National Instruments можно рассмотреть на примере регистратора сигналов NI 9219. Это Универсальный модуль,

предназначен для многоцелевого использования (рисунок 3). Каждый из измерительных каналов может быть сконфигурирован для работы с отдельным типом входного сигнала от датчиков.



Рисунок 3 – Регистратор сигналов NI 9219

В качестве источников сигнала к модулю можно подключать датчики напряжения, тока, температуры, датчики деформации и другие. Удаленное управление осуществляется при помощи графической среды разработки LabVIEW. NI 9219 имеет шестиканальный разъем, обеспечивающий подключение четырех каналов аналогового ввода. Четыре 24-разрядных аналого-цифровых преобразователя (АЦП) одновременно оцифровывают четыре входных аналоговых канала. Схема возбуждения применяется во всех входных режимах, в которых необходимо возбуждение. АЦП совместно со схемами возбуждения реконфигурируются в каждом режиме для согласования с каждым типом датчика. На рисунке 4 представлена входная цепь для одного канала NI 9219.

Схема запуска модуля NI 9219 имеет встроенную защиту по току и по напряжению. Схема автоматически переводится в выключенное состояние при вхождении в недопустимый режим работы. Диапазон измерений меняется в зависимости от типа сигнала и составляет до  $\pm 60$  В по напряжению и до  $\pm 25$  мА по току.

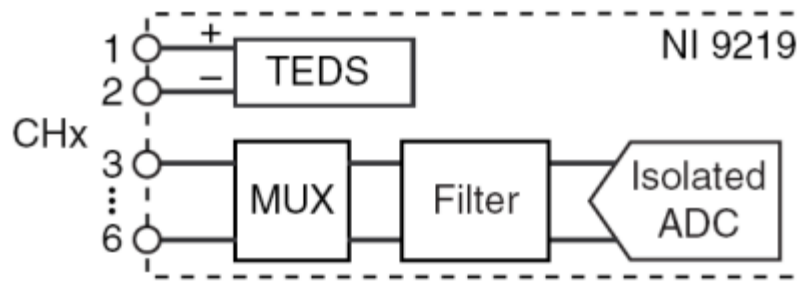


Рисунок 4 – Входная цепь для одного канала

NI 9219 поддерживает только интеллектуальные датчики IEEE 1451.4 TEDS Class II, что является минусом если необходимо проверка датчиков работающих по другими. Режим цифрового ввода поддерживается только платформами CompactRIO и не имеет возможности подключения к другим. При использовании шасси CompactRIO модули автоматически формируют данные в необходимом формате отображения и передаются на пульт управления. Данный модуль поддерживает спящий режим с низким энергопотреблением. В спящем режиме, невозможно подключать модули, система потребляет минимальное количество энергии и рассеивает меньше тепла, чем в нормальном режиме работы [6].

LabVIEW – это графическая среда разработки, виртуальный прибор, который обеспечивает удаленное программное тестирование и управление. Позволяет создавать специализированный интерфейс пользователя с поддержкой drag-and-drop, таких как поворотные ручки, движки, тумблеры и различные индикаторы. Автоматически поддерживает параллельные многопоточные вычисления, что позволяет достигать лучших показателей производительности, обрабатывать более крупные массивы данных, использовать более сложные вычисления. Визуальные отладочные средства делают процесс оптимизации кода для параллельных вычислений простым и наглядным. Позволяет считывать и записывать двоичные данные, текстовые и XML-файлы. Подключение к любым устройствам и приборам может осуществляться при помощи USB, RCI, Ethernet, RXI и многих других [4]. Виртуальный прибор состоит из основных трех частей. Это лицевая панель,

представляющая пользовательский интерфейс виртуального прибора. Ввод данных осуществляется с мыши и клавиатуры после данные в виде текста, диаграмм и в любом другом, отображаются на мониторе. Второй частью является блок-диаграмма, сто представляет и себя исходный программный код виртуального прибора. Компонентами блок-диаграммы являются: виртуальные приборы более низкого уровня, встроенные функции LabVIEW, константы и структуры управления выполнением программы. Объекты на лицевой панели представлены в виде блок-диаграмм в качестве терминалов, где происходит переход данных от пользователя к программе и обратно. Третьей частью является иконка и соединительная панель. Иконка – это графическое представление виртуального прибора, которая может использоваться в качестве объекта на блок-диаграмме другого виртуального прибора. Соединительная панель передает данные в виртуальный прибор из блок-диаграмм и определяет входные и выходные данные виртуального прибора [9].

Как и многие зарубежные аналоги, это решение имеет высокую стоимость. Например, регистратор сигнала с датчиков NI 9219, вместе с ПО LabVIEW, возможно приобрести по цене 155300 р. И на сегодняшний день не каждая отечественная компания может себе позволить закупиться подобным оборудованием. Еще одним главным недостатком является отсутствие возможности аппаратного управления [4].

#### **1.4 Решения для тестирования средств АСУ ТП от АКТАКОМ**

Торговая марка Актаком объединяет в себе широкий спектр контрольно-измерительной аппаратуры мирового класса. Компания Актаком лидер в поставках измерительного оборудования и приборов от зарубежных и отечественных производителей. Под маркой Актаком выпускается только

гарантированно надежное оборудование для решения широкого круга измерительных задач.

Компания АКТАКОМ осуществляет проверку различных модулей УСО большим количеством приборов, каждый из которых имеет собственное программное обеспечение. Приставляют они различные отдельные осциллографы, генераторы, анализаторы и прочие приборы.

Некоторые приборы имеют возможность удалённого управления, как пример, генератор сигналов произвольной формы (рисунок 5).



Рисунок 5 – Генератор произвольной формы АНР-3121 USB

Двухканальный виртуальный цифровой генератор сигналов произвольной формы представляет собой 12-разрядный цифровой прибор в стандартном конструктиве приборов серии «USB-лаборатория АКТАКОМ», и выдает сигнал произвольной формы или сигнал одной из стандартных форм (синусоидальная, прямоугольная, треугольная и некоторые другие) по двум каналам одновременно. Задание формы и параметров сигналов производится пользователем с помощью компьютера независимо для каждого из каналов. Отсутствие ручного управления ведет к тому, что нет возможности тестирования прибора на месте, в случае уволенного места расположения ПК. Прибор имеет общий для обоих каналов вход внешней синхронизации для запуска генерации по внешнему событию. Генератор сигналов также вырабатывает выходной сигнал для синхронизации запуска других приборов.

Управление прибора осуществляется при помощи программного обеспечения АКТАКОМ Arbitrary Generator (рисунок 6).

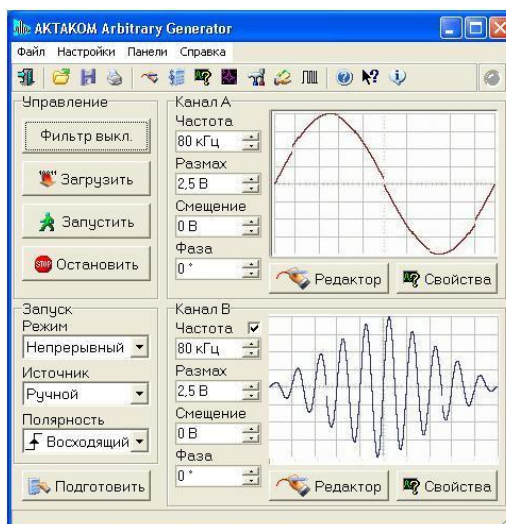


Рисунок 6 – Интерфейс программного обеспечения генератора сигналов произвольной формы AAG АКТАКОМ Arbitrary Generator

Приложение обеспечивает обнаружение и составление списка доступных к работе приборов, подключённых к компьютеру локально (по интерфейсу USB) или через сеть Ethernet/Internet; инициализацию и тестирование выбранного экземпляра прибора. ПО обеспечивает управление всеми параметрами, доступными для настройки этого типа аппаратуры (см. описание поддерживаемых приборов) и запись данных, задающих форму сигнала, в память прибора. Данные формы сигнала могут задаваться пользователем графически, в виде математической формулы (есть встроенный калькулятор формул) или двоичной последовательности: выбраны из списка стандартных сигналов (синус, прямоугольник, треугольник, пила, вспышка, импульс) или быть загружены из ранее сохранённого файла независимо для каждого канала. Также позволяет задавать форму сигналов для двух каналов одновременно в виде параметрической кривой, т. е. в виде двухмерной фигуры Лиссажу.



При тестировании модулей разного назначения, аналоговых и дискретных сигналов, счетчиков импульсов и прочих, необходимо закупить большое количество оборудования, для каждого датчика отдельно, что является экономически не целесообразным. К примеру стоимость осциллографа аналогового АСК-1021 составляет 57525 рублей, генератора сигналов ADG-1010 – 28733 рублей, анализатора спектра АКС-101 – 307154 и других. Направленность каждого из приборов на один вид сигналов является недостатком, что приводит к отсутствию возможности тестирования различного вида модулей одним прибором. А так же не все приборы имеют возможность удаленного тестирования, и прилагаемого к ним ПО [4].

## 5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 5.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

В данной части работы проводится оценка коммерческой ценности разрабатываемого программно-технического комплекса. Стоит помнить о том, что коммерческая привлекательность исследования зависит не только от технических характеристик полученного продукта, но и от того, насколько проект востребован, какова будет его стоимость и сколько времени потребуется для выхода на рынок. На эти вопросы призвана ответить экономическая часть данной работы.

Для определения конкурентоспособности продукта и направлений ее повышения большое значение имеет анализ конкурентных технических решений. Необходимо оценить их сильные и слабые стороны. Для этого может быть использована любая имеющаяся информация о продукте-конкуренте, которая может быть наглядно представлена в виде оценочной карты.

Бк1 – это разработки компании National Instruments. Компания является одним из мировых лидеров в технологии виртуальных приборов и в разработке и изготовлении аппаратного и программного обеспечения для систем автоматизированного тестирования.

Анализ конкурентных технических решений целесообразно проводить с помощью оценочной карты (таблица 2)

					<b>643.ФЮРА.00006 – 01 81 01</b>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>	<i>Рыдников</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Обходский</i>						
<i>Консульт</i>	<i>Меньшикова</i>				<i>ТПУ ФТИ</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Ефремов</i>				<i>Группа 0711</i>		
<i>Утверд.</i>	<i>Горюнов</i>						

Таблица 2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бф	Бк1	Кф	К1
Диапазон сигналов	0,15	3	5	0,45	0,75
Виды сигналов	0,15	4	5	0,6	0,75
Удаленное управление	0,10	5	1	0,5	0,1
Виртуализация устройства	0,17	5	5	0,85	0,85
Поддержка одновременного подключения нескольких модулей разного назначения	0,25	5	3	1,25	0,75
Проверка наличия подключения к СОМ порту	0,08	5	1	0,4	0,08
Качество интерфейса	0,05	5	4	0,25	0,2
Простота эксплуатации	0,02	5	5	0,1	0,1
Стоимость	0,03	5	1	0,15	0,03
Итого:	1	42	30	4,55	3,61

В соответствии с соотношением:

$$\frac{4,55}{3,61} = 1,3; \quad (4.1)$$

можно сделать вывод, что разработка достаточно конкурентно способна.

Из таблицы 2 можно сделать вывод о том, что наиболее важными параметрами являются удаленное программное управление и поддержка одновременного подключения нескольких модулей разного назначения.

## 5.2 FAST-анализ

В качестве объекта fast-анализа выступает разрабатываемое устройство формирования тестовых сигналов и программное обеспечения. Основной функцией, выполняемой объектом, является проверка работоспособности тестируемых модулей АСУТП. Главная, основные и вспомогательные функции приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Функции, выполняемые устройством

Наименование процесса	Выполняемая функция	Ранг функции		
		Главная	Основная	Вспомогательная
Проверка корректности передачи сигнала	Обеспечивает передачу сигнала на тестируемое устройство	х		

Продолжение таблицы 3

Проверка корректности приема сигнала	Обеспечивает прием сигнала с тестируемого устройства	x		
Отображение результатов приема и передачи сигналов	Обеспечивает индикацию всех принятых отправленных сигналов			x

Далее необходимо построить матрицу смежности таблица 4.

Таблица 4 – Матрица смежности

	Функция 1	Функция 2	Функция 3
Функция 1	=	=	=
Функция 2	=	=	=
Функция 3	=	=	=

На следующем этапе необходимо построить матрицу качественных соотношений функций, нумерация функций такая же как и в предыдущей таблице:

Таблица 5 – Матрица качественных соотношений функций

	Функция 1	Функция 2	Функция 3	Итого
Функция 1	1	1	1	3
Функция 2	1	1	1	3

Продолжение таблицы 5

Функция 3	1	1	1	3
$\Sigma$				9

Задача анализа стоимости функций заключается в том, что с помощью специальных методов оценить уровень затрат на выполнение каждой функции. Сделать это возможно с помощью применения нормативного метода. Расчет стоимости функций приведен в таблице 6.

Таблица 6 – Определение стоимости функций

Наименование процесса	Выполняемая функция	Трудоёмкость детали, норм-ч	Себестоимость, тыс.р.
Проверка корректности передачи сигнала	Обеспечивает передачу сигнала на тестируемое устройство	0,0002	42
Проверка корректности приема сигнала	Обеспечивает прием сигнала с тестируемого устройства	0,0002	42
Отображение результатов приема и передачи сигналов	Обеспечивает индикацию всех принятых отправленных сигналов	0,0002	42

Информация об объекте исследования, собранная в рамках предыдущих стадий, на данном этапе обобщается в виде функционально-стоимостной диаграммы изображенной на рисунке 15.



Рисунок 19 – Функционально-стоимостная диаграмма

### 5.3 SWOT-анализ

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

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Дадим трактовку каждому из этих понятий.

1) Сильные стороны. Сильные стороны – это факторы, характеризующие конкурентоспособную сторону научно-исследовательского проекта.

2) Слабые стороны. Слабость – это недостаток, упущение или ограниченность научно-исследовательского проекта, которые препятствуют достижению его целей.

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

4) Угроза представляет собой любую нежелательную ситуацию, тенденцию или изменение в условиях окружающей среды проекта, которые имеют разрушительный или угрожающий характер для его конкурентоспособности в настоящем или будущем. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <p>1 Удобство в использовании.</p> <p>5 Дистанционное тестирование</p> <p>3 Универсальность к разным модулям.</p>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <p>1 Ограниченный диапазон сигналов.</p> <p>2 Невысокая скорость тестирования.</p>
<p>Возможности проекта:</p> <p>1 Добавление сигналов другой формы.</p> <p>2 Повышение скорости.</p>	<p>Добавление увеличит универсальность.</p> <p>Повышение скорости увеличит скорость тестирования.</p>	<p>Добавление увеличит диапазон и количество сигналов различной формы.</p>



Продолжение таблицы 7

Угрозы проекта: 1 Появление прибора, с возможностью подключения большего количества устройств.	В таком случае необходимо увеличить количество вводов- выводов устройства.	Подключение модулей подходящих для устройства
--	---	---

#### 5.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На любой стадии жизненного цикла проекта полезно оценивать степень его готовности к коммерциализации. Для этого необходимо оценить степень проработанности научного проекта и уровень имеющихся знаний у разработчика 8.

Таблица 8 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Определена товарная форма задела для представления на рынок	2	2
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	1	1
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	3	3
Разработан бизнес-план коммерциализации разработки	2	2
Определены пути продвижения разработки на рынок	1	1
Разработана стратегия (форма) реализации разработки	1	1

Продолжение таблицы 8

Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	1	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	1	1
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	1	1
Проработан механизм реализации проекта	1	1
<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>30</b>	<b>30</b>

Исходя из оценок степени готовности проекта к коммерциализации видно, что проект имеет среднюю степень готовности. По вопросам маркетинговых исследований, финансирования коммерциализации, необходимо привлечение в команду проекта специалистов из данных областей.

### 5.5 Инициация проекта

Инициация проекта состоит из процессов, которые выполняются для нового проекта или новой стадии проекта. Для этого определяются начальные цели, содержание, фиксируются ресурсы. Также определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта. Заинтересованные стороны проекта отображены в таблице 9.

Таблица 9 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Предприятия, использующие средства АСУТП	Эффективный, работоспособный, программно-технический комплекс

В таблице 10 представлена информация о целях проекта, критериях достижения целей, а также требования к результатам проекта.

Таблица 10 – Цели и результаты проекта

Цели проекта	Разработка устройства и программного обеспечения для тестирования модулей АСУТП
Ожидаемые результаты проекта	Возможность дистанционного тестирования устройств с большим количеством подключений
Критерии приемки результата проекта	Правильность передачи и приема сигнала
Требования к результату проекта	Универсальность к большому количеству устройств. Отображение результата

Рабочая группа проекта отображена в таблице 11.

Таблица 11 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час
Обходский А.В., ТПУ, кафедра ЭАФУ, доцент	Научный руководитель	Контроль выполнения работ, принятие решений, выдача задания.	84
Рыбников А.В., ТПУ, кафедра ЭАФУ, техник	Инженер (дипломник)	Анализ литературных источников, создание, устройства, алгоритма, программирование	504

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта, который может быть представлен в виде линейного графика или диаграммы Ганта.

Таблица 12 – Диаграмма Ганта

Код работы	Вид работ	Исполнители	Количество дней	Продолжительность выполнения работ								
				Октябрь			Ноябрь			Декабрь		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление ТЗ	Руководитель	4	█								
2	Анализ существующих решений	Дипломник	8	▨								
3	Составление модели и алгоритма программы	Руководитель и Дипломник	10			█						
4	Разработка программы	Дипломник	52				▨	▨	▨	▨	▨	▨
5	Тестирования разработанного решения	Дипломник	14									█



– Руководитель



– Дипломник

## 5.6 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения.

В данной разработке планируемыми расходами являются основная заработная плата, а также расходы на электроэнергию при работе с компьютером.

Затраты на сырьё и материалы учитываются только в качестве затраченной электроэнергии. Мощность ноутбука DNS C15B, на котором установлено инструментальные ПО, при помощи которого выполнялись разработка устройства и программы, равна 50 Вт. Тогда, потребляемая им за час работы энергия равна 50 Вт×ч. Значит, в течение рабочего дня будет затрачено энергии  $E$ :

$$E = 50 \cdot 6 = 300 \text{ Вт.} \quad (4.2)$$

Зная, что стоимость энергии в 1 кВт×ч, затрачиваемой для промышленности в Томской области составляет 5,8 руб, тогда стоимость затраченной электроэнергии за один рабочий день  $C_1$  составляет:

$$C_1 = \frac{300 \cdot 5,8}{1000} = 1,74 \text{ р.} \quad (4.3)$$

Тогда стоимость всей энергии  $C$ , затраченной в ходе разработки, составляет:

$$C = 84 \cdot 1,74 = 146 \text{ р.} \quad (4.4)$$

В статью «затраты на специальное оборудование для научных работ» включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. В эту статью следует отнести персональный ноутбук, который использовался непосредственно как средство разработки. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного проекта, учитывается в виде амортизационных отчислений.

Таблица 13 – Затраты на оборудование

Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.р.	Общая стоимость оборудования, тыс.р.
Персональный ноутбук DNS C15B	1	17,25	17,25

Норма амортизации рассчитывается:

$$K = \frac{1}{n} \cdot 100\% = \frac{1}{5} \cdot 100 = 20\% \quad (4.5)$$

где:

K – норма амортизации в процентах;

n – срок полезного использования в годах.

Ежегодная норма амортизации:

$$\frac{17250}{5} = 3450 \quad (4.6)$$

Ежемесячная сумма амортизации:

$$\frac{3450}{12} = 287 \text{ р.} \quad (4.7)$$

Сумма амортизации на время проекта:

$$287 \cdot 3 = 861 \text{ р.} \quad (4.8)$$

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы. Основная заработная плата руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

- оклад;
- стимулирующие выплаты;
- районный коэффициент.

Сначала рассчитывается месячный должностной оклад руководителя  $Z_{\text{м}}$ :

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 26300 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 41028 \text{ р.} \quad (4.9)$$

Месячный должностной оклад дипломника  $Z_{\text{м}}$ :

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} = 5128 \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 8000 \text{ р.} \quad (4.10)$$

где:

$Z_6$  – базовый оклад;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_r$  – районный коэффициент.

Перед тем, как рассчитать дневную заработную плату необходимо найти годовой фонд рабочего времени, для этого необходимо вычесть из общего количества дней в году выходные и праздничные дни, а также отпуск. Требуемые для расчета значения приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель
Календарное число дней	365
Количество нерабочих дней	
- выходные дни	52
- праздничные дни	14
Потери рабочего времени	
- отпуск	48
- невыходы по болезни	
Действительный годовой фонд рабочего времени	299

Далее была рассчитана средневзвешенная заработная плата для руководителя  $Z_{дн}$ :

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_D} = \frac{41028 \cdot 10,4}{299} = 1427 \text{ р.} \quad (4.11)$$



Среднедневная заработная плата дипломника:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} = \frac{8000 \cdot 10,4}{299} = 278 \text{ р.} \quad (4.12)$$

где  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

В результате основная заработная плата руководителя  $Z_{\text{осн}}$ :

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} = 1427 \cdot 14 = 19978 \text{ р.} \quad (4.13)$$

Основная заработная плата дипломника  $Z_{\text{осн}}$ :

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} = 278 \cdot 84 = 23325 \text{ р.} \quad (4.14)$$

где  $T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником.

Расчетные данные основной заработной платы приведены в таблице 15

Таблица 15 – Расчёт основной заработной платы

Этап	Исполнитель	Трудоемкость чел.-дн.	З/п на один чел.- дн.,руб	Всего з/п, р.
Составление ТЗ	Руководитель	4	1427	5708
Анализ существующих решений	Дипломник	8	278	2224

Продолжение таблицы 15

Составление модели и алгоритма программы	Дипломник	10	1427	14270
	Руководитель	10	278	2780
Разработка программы	Дипломник	52	278	14456
Тестирования разработанного решения	Дипломник	14	278	3892
Итого				43303

Дополнительная заработная плата  $Z_{\text{доп}}$  рассчитывается исходя из 10–15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,1 \cdot 43303 = 4330 \text{ р.} \quad (4.15)$$

где:

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, р.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, р.

Отчисления во внебюджетные фонды рассчитываются:

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (43303 + 4330) = 14289 \text{ р.} \quad (4.16)$$

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

Накладные расходы составляют 80-100 % от суммы основной и дополнительной заработной платы работников, непосредственно участвующих в выполнении темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 1 \cdot (43303 + 4330) = 47633 \text{ р.} \quad (4.17)$$

Рассчитанные затраты на исследования и итоговая плановая себестоимость отображены в таблице 16.

Таблица 16 – Затраты на разработку

Статьи	Сумма, тыс. р.
Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	-
Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	17,25
Основная заработная плата	43,30
Дополнительная заработная плата	4,33
Отчисления на социальные нужды	14,28
Научные и производственные командировки	–
Оплата работ, выполняемых сторонними организациями и предприятиями	–
Накладные расходы	47,63
Итого плановая себестоимость	126,79

## 5.7 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты.

Таблица 17 – Реестр рисков

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
Появление прибора, с возможностью подключения большего количества устройств.	Более конкурентно способная продукция	3	3	Средний	Увеличение количества подключаемых устройств	Разработки других предприятий
Прекращение финансирования	Нехватка ресурсов для разработки	2	5	Высокий	Сокращение сроков разработки	Короткий срок для разработки

### 5.8 Оценка сравнительной эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности  $I_{\phi}^p$  и ресурсоэффективности  $I_m^p$ .

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают  $I_{\Phi}^p$  в ходе оценки бюджета затрат для вариантов исполнения научного исследования. Для разрабатываемого комплекса затратами на ее разработку составили 126,86 тыс. р.

Цена разработанного продукта в случае продажи следует установить на уровне 90 тыс. р., при такой цене продукт будет дешевле, чем аналогичная разработка, стоимость которой составляет 157 тыс. р. Для того, чтобы разработка окупилась, необходимо продать  $T^p$  лицензий:

$$T^p = \frac{C_{\text{сум}}}{\Phi_p} = \frac{126,79}{90} = 1,4 \approx 1; \quad (4.18)$$

В качестве аналога выступает программа LabVIEW Base+NI 9219 разработанная компанией National Instruments, ориентировочная цена которой составляет 157 тыс. р.

Тогда затраты на приобретение аналогичной программы будут являться наибольшим интегральным показателем реализации технической задачи  $\Phi_{\text{max}}$

Интегральный финансовый показатель разработки  $I_{\Phi}^p$  определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{90}{157} = 0,57; \quad (4.19)$$

Соответственно интегральный финансовый показатель аналога будет  $I_{\Phi}^a$ :

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{157}{157} = 1; \quad (4.20)$$

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта была приведена ранее в таблице 4.1. Интегральный показатель ресурсоэффективности  $I_m^p$  текущего проекта определяется следующим образом:

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p = 4,55; \quad (4.21)$$

где:

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го параметра;

$b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го параметра для разработки;

$n$  – число параметров сравнения.

Тогда, интегральный показатель ресурсоэффективности  $I_m^a$  аналога:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a = 3,61; \quad (4.22)$$

Интегральный показатель эффективности разработки  $I_{финр}^p$  определяется

так:

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\phi}^p} = \frac{4,55}{0,57} = 8; \quad (4.23)$$

Интегральный показатель эффективности аналога  $I_{финр}^a$  определяется по

формуле:

$$I_{финр}^a = \frac{I_m^a}{I_{\phi}^a} = \frac{3,61}{1} = 3,61; \quad (4.24)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта  $I_{финр}^p$  и аналога  $I_{финр}^a$  позволяет определить сравнительную эффективность проекта  $\mathcal{E}_{ср}$ :

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} = \frac{8}{3,61} = 2,21 \quad (4.25)$$

Результаты расчётов сравнительной эффективности проекта приведены в таблице 18.

Таблица 18 – Сравнительная эффективность проекта

Показатели	Аналог	Разработка
Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,57
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,61	4,55
Интегральный показатель эффективности	3,61	8
Сравнительная эффективность проекта	2,21	

Вывод: при продаже разработанной программы по цене 90 тыс. р. для окупаемости нужно продать 2 лицензий, а эффективность проекта при такой стоимости сильно отличается от аналогичного продукта.