

**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

**ДИПЛОМНАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ»</b>

УДК 658.512.4.011.56.001

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0712	Бычков И.П.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Павлов В.М.	Доцент, к.т.н.		

**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>	
P1	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.
P2	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.
Р4	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.
Р5	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.
Р6	Применять основные законы естественнонаучных дисциплин, математический аппарат, вычислительную технику, современные методы исследований процессов и объектов для формализации, анализа и выработки решения профессиональных задач.

***Профессиональные компетенции***

Р7	Уметь самостоятельно повышать уровень знаний в области профессиональной деятельности, приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической 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.
Р8	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.
Р9	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

	<p>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</p>

	оценку обстановки для принятия решения в случае возникновения аварийных ситуаций, экологическую безопасность, нормы и правило производственной санитарии, пожарной, радиационной и ядерной безопасности.
P12	Разрабатывать проекты нормативных и методических материалов, технических условий, стандартов и технических описаний средств АСУ ТП и АСНИ, регламентирующих работу в сфере профессиональной деятельности; осуществлять 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.
P13	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.
P14	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

	<p>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>
<p>P15</p>	<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 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
0712	Бычков И.П.

**Тема работы:**

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «СИСТЕМА  
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ»**

**Утверждена приказом директора ФТИ** от 31.10.2016 № 9286/с

**Дата сдачи студентом выполненной  
работы**

23 января 2017 г.

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Стенд предназначен для изучения приемов программирования распределенной АСУ ТП в инструментальной системе SCADA TraceMode. В состав АСУ ТП входят промышленный контроллер и АРМ оператора. В качестве источника и приемника аналоговых и дискретных сигналов должен использоваться имитатор (дискретных вх./вых. - 16/16, аналоговых вх./вых. - 4/4)
---------------------------------	--

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1 Разработка принципиальных схем имитатора дискретных и аналоговых сигналов.
	2 Корректировка принципиальной электрической схемы соединений стенда.
	3 Сборка имитатора сигналов и монтаж в лабораторный стенд.
	4 Разработка программного обеспечения для тестирования имитатора сигналов.
	5 Разработка описания стенда и программного обеспечения.

<b>Перечень графического материала</b>	Принципиальная электрическая схема, перечень элементов
--	--

<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
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:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Павлов В.М.	Доцент, к.т.н.		03.10.16

**Задание принял к исполнению студент**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
0712	Бычков И.П.		03.10.16

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 109 с., 25 рис., 25 табл., 20 источников, 15 приложений, 19 л. графич. материала.

ИМИТАТОР СИГНАЛОВ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД, ADVANTECH PCL-734/733, ПЦАМ-08к-01, ПАЦМ-32к-01.

Объектом разработки является имитатор сигналов.

Цель работы – внедрение новой версии имитатора сигналов в лабораторный стенд.

Тестирование разработанного имитатора сигналов и программного обеспечения показала полную работоспособность устройства. ИС в данный момент используется в лабораторных работах по курсу СКТ.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2013 и Microsoft Visio 2013. Реализация программного обеспечения осуществлена на языке СИ и в SCADA системе Trace Mode 6.06.2.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	15
1. Теоретическая часть .....	16
1.1 Структура лабораторного стенда.....	16
1.2 Сравнение действующего и внедряемого образца имитатора сигналов	17
1.3 Техническое обеспечение .....	19
1.3.1 Описание имитатора сигналов ИСН-05.....	19
1.3.2 Взаимодействие имитатора сигналов с элементами системы.....	23
1.3.3 Описание плат УСО .....	24
1.3.3.1 Описание модуля ввода дискретных сигналов PCL-733 .....	24
1.3.3.2 Описание модуля вывода дискретных сигналов PCL – 734 .....	25
1.3.3.3 Описание модуля ПАЦМ-32к-01 .....	26
1.3.3.2 Описание модуля ПЦАМ-08к-01 .....	28
2. Практическая часть.....	31
2.1 Задачи модернизации .....	31
2.2 Монтаж и интеграция имитатора сигналов в лабораторный стенд .....	32
2.3 Программное обеспечение .....	35
2.3.1 Разработка ПО тестирования имитатора сигналов .....	35
2.3.2 Разработка прикладного ПО в САПР Trace Mode.....	40
2.4 Руководство оператора по использованию прикладного ПО тестирования стенда.....	48
2.4.1 Назначение программы.....	48
2.4.2 Системные требования и требования к эксплуатации .....	49
2.4.3 Описание состава файлов программы .....	50

2.4.3	Описание состава файлов программы .....	50
2.4.4	Список действий оператора.....	51
2.4.5	Запуск на выполнение программы .....	52
3	Социальная ответственность .....	53
3.1	Введение.....	53
3.2	Характеристика вредных и опасных факторов, имеющих место в лаборатории .....	53
3.3	Организация мероприятий по электробезопасности .....	55
3.4	Требования к организации и мероприятия безопасности на рабочем месте с ПЭВМ .....	56
3.5	Требование к пожарной безопасности .....	58
3.6	Мероприятия по борьбе с производственным шумом .....	59
3.7	Мероприятия по обеспечению условий микроклимата.....	60
3.8	Мероприятия по обеспечению санитарных норм на освещенность .....	61
	Выводы по разделу .....	64
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	65
4.1	Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	65
4.2	SWOT-анализ .....	67
4.3	Оценка готовности проекта к коммерциализации .....	69
4.4	Инициация проекта.....	72
4.5	План проекта .....	74
4.6	Бюджет научного исследования.....	76
4.6.1	Материальные затраты .....	76
4.6.2	Расчет заработной платы участников проекта .....	79

4.7 Реестр рисков проекта .....	85
4.8 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	86
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	90
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	91
Приложение А. ФЮРА.421243.009Э2 .....	93
Приложение Б. ФЮРА.421243.009С1 .....	94
Приложение В. ФЮРА.421243.009Э3 .....	95
Приложение Г. ФЮРА.421243.009Э32 .....	96
Приложение Д. ФЮРА.421243.009Э4 .....	97
Приложение Е. ФЮРА.421243.009Э5 .....	98
Приложение Ж. ФЮРА.421243.009Э52 .....	99
Приложение И. ФЮРА.421243.009Э53 .....	100
Приложение К. ФЮРА.421243.009Э54 .....	101
Приложение Л. ФЮРА.421243.009ПЭ3 .....	102
Приложение М. Листинг программы тестирования платы вывода дискретных сигналов.....	104
Приложение Н. Листинг программы тестирования платы ввода дискретных сигналов.....	105
Приложение П. Листинг программы тестирования ЦАП .....	106
Приложение Р. Листинг программы тестирования АЦП .....	107
Приложение С. Презентация.....на отдельных листах	
Диск CD-R..... в конверте на обороте обложки	

## ВВЕДЕНИЕ

Лабораторный стенд «система управления технологическим процессом» (далее стенд) предназначается для освоения студентами теоретических и практических навыков работы с распределенными АСУ ТП и получения навыков программирования данных систем в инструментальной среде SCADA Trace Mode.

До проведения испытаний на реальном производстве, в целях настройки технического и программного обеспечения АСУ ТП возникает необходимость имитировать сигналы с датчиков, а также выполнять индикацию и отображение сигналов состояния технологического оборудования. Аппаратным модулем решения данной задачи выступает устройство имитации сигналов, входящий в состав стенда. Для полномасштабного тестирования разрабатываемых систем имитатор должен поддерживать возможность работы с различными типами сигналов, т.е. быть источником и приемником как дискретных, так и аналоговых сигналов.

На начало выполнения выпускной квалификационной работы, в составе стенда имелся имитатор сигналов, поддерживающий работу только с дискретными сигналами. Поэтому, с целью расширения функционала стенда и, следовательно, возможности проведения комплексного тестирования разрабатываемых АСУ ТП была выполнена модернизация лабораторного стенда путем интегрирования в систему новой модели имитатора сигналов, а также проведено комплексное тестирование данного имитатора в составе лабораторного стенда.

					<i>ФЮ РА.421243.009ПЗ</i>		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>		<i>Бычков</i>				<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>
<i>Провер.</i>		<i>Павлов</i>					<i>Листов</i>
					<i>Введение</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Ефремов</i>				<i>ТПУ</i>	<i>ФТИ</i>
<i>Утверд.</i>		<i>Горянов</i>				<i>Группа</i>	<i>0712</i>

## 1. Теоретическая часть

### 1.1 Структура лабораторного стенда

Лабораторный стенд, расположенный на кафедре 24, 129 аудитории, представляет из себя комплекс следующих компонентов:

- ПЭВМ под управлением OS Windows. Представляет «верхний» уровень АСУ;
- PC-based контроллер под управлением MS DOS. Представляет «средний» уровень АСУ;
- Ethernet – коммутатор;
- KVM – коммутатор. Используется для коммутации сенсорной панели с клавиатурой к одному из вычислительных узлов;
- Источник бесперебойного питания (ИБП);
- Сенсорная панель с клавиатурой;
- Имитатор сигналов (ИС). Представляет «нижний» уровень системы (уровень КИП, датчиков, исполнительных механизмов).

Данный стенд представляет собой систему с трехуровневой структурой АСУ ТП; «верхний» уровень – SCADA (рабочая станция оператора), «средний» уровень – контроллер, принимающий сигналы с датчиков и формирующий управляющие сигналы на исполнительные механизмы.

Функционирование имитатора сигналов в стенде происходит непосредственно через подключение к контроллеру «среднего» уровня.

Обмен данными между вычислительными узлами организован по сети Ethernet с использованием протокола TCP/IP;

					<i>ФЮ РА.421243.009ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Бычков</i>				<i>Теоретическая часть</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Павлов</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Ефремов</i>					<i>ТПУ</i>	<i>ФТИ</i>	
<i>Утверд.</i>	<i>Горюнов</i>					<i>Группа</i>	<i>0712</i>	

Структура взаимодействия элементов лабораторного стенда представлена на рисунке 1.

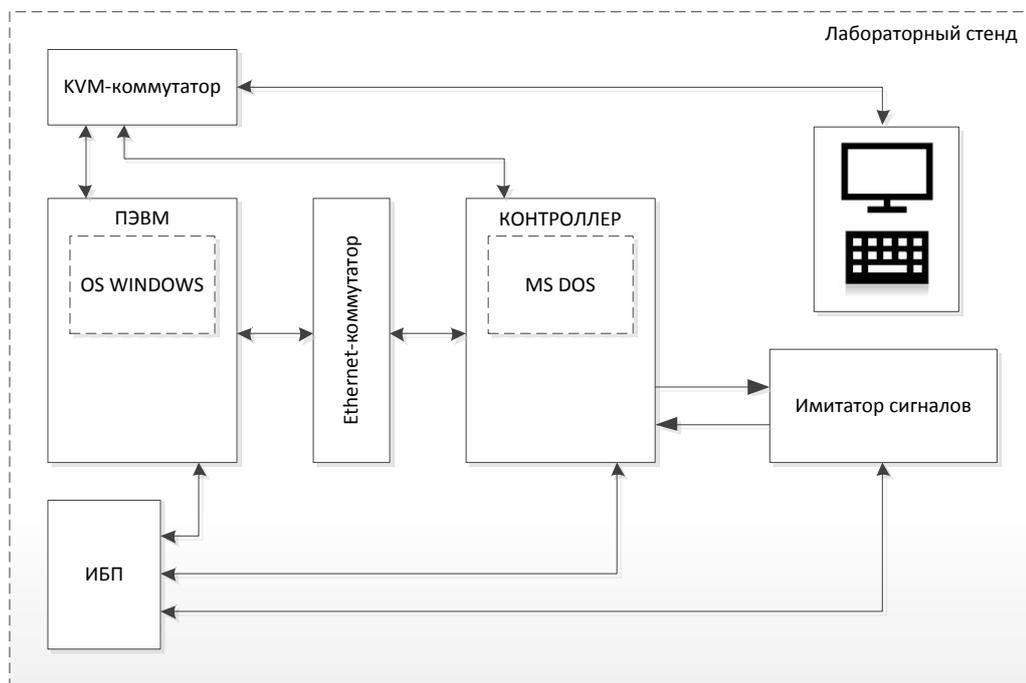


Рисунок 1 – Структура лабораторного стенда

## 1.2 Сравнение действующего и внедряемого образца имитатора сигналов

Сравнение образцов имитаторов производилось на основании их функциональных возможностей.

Внешний вид имитаторов изображен на рисунках 2, 3.

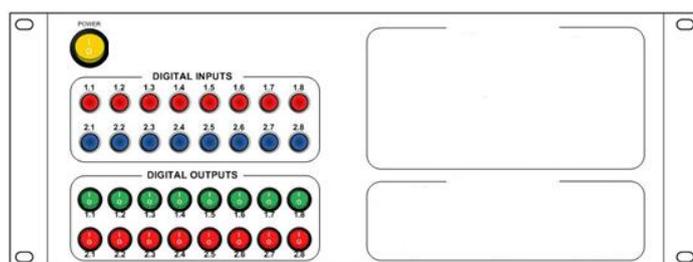


Рисунок 2 – Эскиз передней панели действующего имитатора

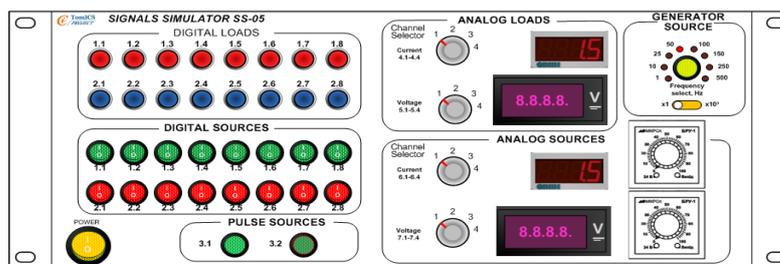


Рисунок 3 – Эскиз передней панели внедряемого имитатора

Внедряемый имитатор сигналов SS-05 имеет преимущество по отношению к действующему имитатору ИС-01 за счет наличия источников и приемников аналоговых сигналов, а так же возможностью генерирования частотного и импульсных сигналов. В таблице 1 приведена количественная характеристика каналов действующего имитатора (ИС-01) и внедряемого имитатора (SS-05).

Таблица 1 – Количественное сравнение каналов имитаторов

	Действующий имитатор сигналов	Внедряемый имитатор сигналов
Источники дискретных сигналов	16	16
Индикаторы дискретных сигналов	16	16
Источники аналоговых сигналов	-	8
Индикаторы аналоговых сигналов	-	8
Источники импульсных сигналов	-	2
Источники частотных сигналов	-	1

Из вышесказанного можно сделать вывод о преимуществе и актуальности внедрения новой версии имитатора сигналов с точки зрения расширения функционала стенда.

### 1.3 Техническое обеспечение

#### 1.3.1 Описание имитатора сигналов ИСН-05

Параметры входных и выходных сигналов имитатора представлены в таблице 2:

Таблица 2 – Диапазоны сигналов имитатора

Характеристика	Значение
Входные/выходные дискретные сигналы, В	0–24
Аналоговые входы, В	0–5
Аналоговые входы, мА	4–20
Аналоговый выход, мА	4–20
Аналоговый выход, В	0–10
Частотный выход, В	0–5
Импульсный выход, В	0–24

В состав имитатора SS-05 входят следующие элементы:

- набор дискретных нагрузок (discrete loads);
- набор дискретных источников (discrete sources);
- набор аналоговых индикаторов (analog loads);
- набор аналоговых источников (analog sources);
- источник импульсного сигнала (pulse sources);
- источник частотного сигнала (generator source);
- источник вторичного электропитания AC/DC 220/24 В.

В качестве индикаторов дискретных сигналов используется группа из 16 светодиодов. Светодиоды подключаются к выводам устройства через источник напряжения 0–24 В. Дискретные источники – 16 двухпозиционных

ключей без подсветки, подключенных к выводам устройства через источник напряжения 0–24 В.

В качестве индикаторов аналоговых сигналов в каналах по току используются приборы измерения токовой петли 4–20 мА ИТП11, предназначенные для измерения и индикации физических величин, преобразованных в унифицированный сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА (рисунок 4).



Рисунок 4 – Внешний вид ИТП-11

Для индикации значений сигналов по напряжению в цепи нагрузки используются цифровые индикаторные панели серии DP6-DV (рисунок 5).

Таблица 3 – Характеристики вольтметра DP6-DV

Управляющий вход	2 В; 20 В; 200 В; 600 В
Прямой ввод	2 А; 200 мА; 20 мА
Источник питания	~24 В
Размеры	36×72×77 мм
Точность, не более	0,5 %
Монтажное отверстие	33×69 мм



Рисунок 5 – Внешний вид DP6-DV

В качестве источников аналоговых сигналов в имитаторе используются приборы фирмы МИКРОЛ БРУ-1 серии ЗВ. Выходом блока является унифицированный токовый сигнал 4–20 мА. Внешний вид блока представлен на рисунке 6.



Рисунок 6 – Внешний вид БРУ-1

Технические характеристики БРУ-1 представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики БРУ-1

Технические характеристики	Значение
Выходной аналоговый сигнал	0–5 мА; 0–20 мА; 4–20 мА
Максимальная погрешность установки сигнала задания по лимбу потенциометра	±2,0 %
Напряжение питания	13–30 В постоянного тока

Ток потребления, не более	75 мА
Диапазон изменения установки задания	0–100 %

В качестве переключателя каналов устройства для аналоговых источников и нагрузок используются галетные переключатели ПГ2-8-12П4НВ фирмы Сибэлком. Внешний вид коммутатора представлен на рисунке 7.



Рисунок 7 – Внешний вид ПГ2-8-12П4НВ

Источник импульсного сигнала выполнен в виде кнопки без фиксации, напряжение 0–24В.

Источник частотного сигнала – генераторный управляемый выход, значения частот 1Гц, 10Гц, 25Гц, 50Гц, 100Гц, 150Гц, 250Гц, 500Гц, с возможностью переключения множителя  $1 - 10^3$ . Выходной импульс 0–5В.

В качестве источника вторичного электропитания используется ИВЭ DR-60-24. Питание прибора осуществляется от однофазной сети переменного тока или от источника постоянного напряжения. На рисунке 7 изображен ИВЭ DR-60-24. Характеристики ИВЭ представлены в таблице 5.



Рисунок 7 – Вид источника вторичного электропитания DR-60-24

Таблица 5 – Характеристики источника вторичного электропитания DR-60-24

Выходное напряжение	24 В
Выходной ток	2,5 А
Мощность	60 Вт

### 1.3.2 Взаимодействие имитатора сигналов с элементами системы

Для взаимодействия имитатора с элементами системы используются специальные модули УСО, встроенные в контроллере на «среднем» уровне. Структурная схема взаимодействия представлена на рисунке 9.

В качестве модулей УСО для приема и передачи дискретных сигналов используются платы ввода/вывода дискретных сигналов ADVANTECH PCL – 733, ADVANTECH PCL – 734.

В качестве модулей УСО для работы с аналоговыми сигналами используются платы ПАЦМ-32к-01, ПЦАМ-08к-01. Данные платы разработаны на кафедре 24 для использования в качестве модулей УСО в составе модернизируемого лабораторного стенда; являются прототипами плат серии ISO-813 и А628 соответственно.

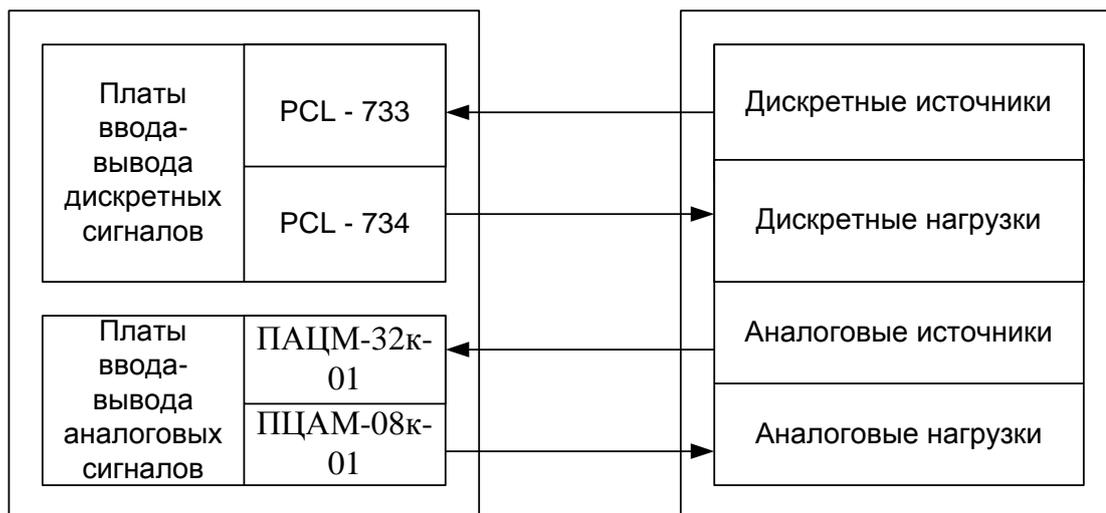


Рисунок 9 – Структура взаимодействия элементов системы

### 1.3.3 Описание плат УСО

#### 1.3.3.1 Описание модуля ввода дискретных сигналов PCL-733

PCL-733 является серийно выпускаемой платой ввода дискретных сигналов. Имеет 32 изолированных цифровых входа (IDI0 – IDI31) для работы с входными сигналами 5–24 В. Каждые 8 входов присоединяются к выходу на внешнюю землю (EI.GND) [1]. На рисунке 10 приведена электрическая схема подсоединения внешнего источника напряжения к входам платы.

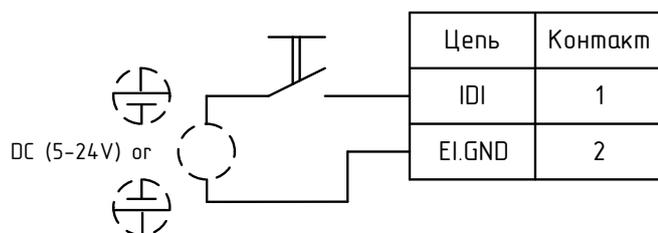


Рисунок 10 – Присоединение внешнего источника к входам платы

### 1.3.3.2 Описание модуля вывода дискретных сигналов PCL – 734

PCL-733 является серийно выпускаемой платой вывода дискретных сигналов. Схема подсоединения внешней выходной нагрузки к изолированным выходам платы показана на рисунке 11. Если внешний источник напряжения (5–40 В) присоединен к изолированному выходному каналу (IDO) и этот выходной канал включен, то в коллекторной цепи за счет внешнего напряжения появится ток [2].

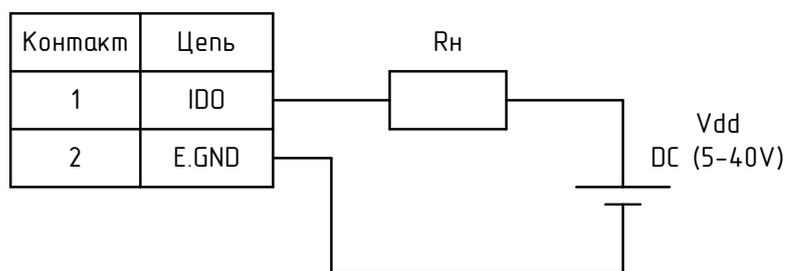


Рисунок 11 – Схема подсоединения внешней нагрузки к изолированным  
выходам

### 1.3.3.3 Описание модуля ПАЦМ-32к-01

ПАЦМ-32к-01 – модуль аналогово-цифрового преобразователя, предназначенный для связи с объектом и преобразующий напряжение, подаваемое на вход одного или нескольких каналов в компьютерный сигнал, который далее используется для контроля состояния объекта.

Кол-во каналов модуля – 32.

Для каждого канала имеется свой диапазон входных напряжений. Диапазоны входного напряжения каналов представлены в таблице 1.6.

Таблица 6 – Описание каналов ПАЦМ-32к-01

Канал	Диапазон входного напряжения	Номер вывода на разъеме
AIS00	0...+10В	1
AIS01	0...+10В	20
AIS02	0...+5В	2
AIS03	0...+2.5В	21
AIS04	0...+1.25В	3
AIS05	0...+10В	22
AIS06	0...+10В	4
AIS07	0...+10В	23
AIS08	0...+10В	5
AIS09	0...+10В	24
AIS10	0...+5В	6
AIS11	0...+2.5В	25
AIS12	0...+1.25В	7
AIS13	0...+10В	26
AIS14	0...+10В	8
AIS15	0...+10В	27
AIS16	0...+10В	11
AIS17	0...+10В	30
AIS18	0...+5В	12
AIS19	0...+2.5В	31
AIS20	0...+1.25В	13
AIS21	0...+10В	32
AIS22	0...+10В	14
AIS23	0...+10В	33
AIS24	0...+10В	15
AIS29	0...+10В	36
AIS30	0...+10В	18
AIS31	0...+10В	37
AIS32	-	9,10,19,28,29

Базовый адрес на шине ISA задается микропереключателями на базовом модуле MBP-01-ISA. Диапазоны адресов представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Диапазоны адресов шины ISA

Базовый адрес (БА)	SW					
	1	2	3	4	5	6
0x300	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	ON
0x310	ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON
0x320	OFF	ON	OFF	OFF	ON	ON
0x330	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON
0x340	OFF	OFF	ON	OFF	ON	ON
0x350	ON	OFF	ON	OFF	ON	ON
0x360	OFF	ON	ON	OFF	ON	ON
0x370	ON	ON	ON	OFF	ON	ON
0x380	OFF	OFF	OFF	ON	ON	ON
0x390	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON
0x3A0	OFF	ON	OFF	ON	ON	ON
0x3B0	ON	ON	OFF	ON	ON	ON
0x3C0	OFF	OFF	ON	ON	ON	ON
0x3D0	ON	OFF	ON	ON	ON	ON

Для управления работой модуля необходимо обращаться к следующим регистрам:

#### **ADC\_START**

Назначение регистра: Любая запись в этот регистр вызывает однократное преобразование.

Разрядность регистра: 8 бит.

Адрес регистра: БА+12

Режим доступа: только запись.

#### **ADC\_CHSEL**

Назначение регистра: Выбор аналогового канала (AIS00-AIS31)

Разрядность регистра: 8 бит.

Адрес регистра: БА+10

Режим доступа: запись / чтение

Структура регистра:

Разряды ADC\_CHSEL[4:0] – задают номер канала.

ADC\_CHSEL[4:0] = 00000 - Выбор канала AIS00

ADC\_CHSEL[4:0] = 00001 - Выбор канала AIS01

ADC\_CHSEL[4:0] = 11111 - Выбор канала AIS31

Разряды ADC\_CHSEL[7:5] – не используются

### **ADC\_RESULT0**

Назначение регистра: Результат измерения текущего канала

Разрядность регистра: 8 бит.

Адрес регистра: BA+4

Режим доступа: только чтение

Структура регистра:

Разряды ADC\_RESULT0[7:0] – содержат младшие 8 бит кода АЦП

### **ADC\_RESULT1**

Назначение регистра: Результат измерения текущего канала

Разрядность регистра: 8 бит.

Адрес регистра: BA+5

Режим доступа: только чтение

Структура регистра:

Разряды ADC\_RESULT1[3:0] – содержат старшие 4 бита кода АЦП

Разряд ADC\_CHSEL[4] – BUSY признак занятости модуля.

Автоматически сбрасывается после завершения преобразования.

Разряд ADC\_CHSEL[7:5] – не используются и равны 0.

### **1.3.3.2 Описание модуля ПЦАМ-08к-01**

ПЦАМ-08к-01 – модуль цифро-аналогового преобразователя, предназначенный для связи с объектом путем установления на выходах

одного или нескольких каналов значения напряжения, устанавливаемого на ЭВМ. Количество каналов модуля - 8.

Диапазоны выходного напряжения каналов устанавливаются переключателем SW7, находящимся непосредственно на плате. Доступны 2 режима:

- $\pm 10\text{В}$  при SW7 = ON
- 0 – 5В при SW7 = OFF

В таблице 8 приведено соответствие каналов с номерами выводов.

Таблица 8 – соответствие контактов каналам выходного сигнала.

№ вывода	Сигнал
1	VOUT0
5	VOUT1
9	VOUT2
13	VOUT3
20	VOUT4
24	VOUT5
28	VOUT6
32	VOUT7
4,8,12,16,23,27, 31,35-37	AGND

Базовый адрес на шине ISA задается микропереключателями на базовом модуле MBP-01-ISA. Диапазоны адресов представлены в таблице 2.

Для управления работой модуля необходимо обращаться к следующим регистрам:

### **DACn\_HDATA**

Назначение регистра: Задание значения старших 4 бита кода ЦАП

Разрядность регистра: 8 бит.

Адрес регистра:  $\text{BA} + (2 * n)$ , где n - номер канала = 0–7

Режим доступа: только запись.

Структура регистра: DACn\_HDATA[3:0] - значение [11:8] кода ЦАП.

DACn\_HDATA[7:4] - не используются.

## **DACn\_LDATA**

Назначение регистра: Задание значения младших 8 бит кода ЦАП

Разрядность регистра: 8 бит.

Адрес регистра:  $BA + (2*n+1)$ , где n - номер канала = 0–7

Режим доступа: только запись.

Для корректного формирования выходного напряжения канала необходимо сначала записывать в регистр DACn\_HDATA а потом в DACn\_LDATA.

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Для повышения конкурентоспособности разработок необходимо проводить детальный анализ разработок конкурентов. Данный анализ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволит оценить степень эффективности проекта и определить направления для его улучшения.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к</sub>	
Технические критерии оценки ресурсоэффективности						
1 Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,1	4	2	0,4	0,1	
2 Помехоустойчивость	0,05	2	2	0,1	0,1	
3 Энергоэкономичность	0,1	3	3	0,15	0,15	
4 Надежность	0,06	5	5	0,3	0,3	
5 Уровень шума	0,07	5	5	0,35	0,35	
6 Безопасность	0,08	4	4	0,32	0,32	

					<b>ФЮРА.42 1243.009ПЗ</b>		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Бычков				<b>Финансовый менеджмент,                  ресурсоэффективность,                  ресурсосбережение</b>		
Провер.	Павлов						
Консульт	Меньшикова						
Н. Контр.	Ефремов						
Утверд.	Горюнов						
					Лит.	Лист	Листов
					<b>ТПУ ФТИ                  Группа 0712</b>		

8	Возможность работы и имитации различных типов сигналов (аналоговые, дискретные, частотно-модулированные)	0,25	5	2	1,25	0,5
8	Простота эксплуатации	0,14	3	3	0,42	0,42
9	Качество интеллектуального интерфейса	0,15	5	4	0,75	0,6
Итого		1	36	30	4,04	2,84

Сравнение разрабатываемого устройства проводилось с имеющимся в лабораторном стенде устройством имитации сигналов ИС-01 (Б<sub>к</sub>). Как видно из таблицы 1, коэффициент  $K_{\phi}$  разрабатываемого устройства превосходит коэффициент  $K_{к}$  имеющегося решения. То есть, разрабатываемое устройство является конкурентоспособным.

Главным преимуществом разрабатываемого устройства является возможность работы с различными типами сигналов. Данный критерий в нашем исследовании, при прочих равных, имеет наибольший вес и следовательно, для целевого потребителя будет более предпочтительно использование нового устройства.

## 4.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ – это комплексный анализ проекта для исследования внешней и внутренней среды проекта. Для его составления необходимо указать сильные, слабые стороны проекта, а также внешние возможности и угрозы. И необходимо на основе выявленных сторон определить стратегии дальнейшего продвижения проекта. SWOT-анализ приведен в таблице 12.

Таблица 12 – Матрица SWOT

	Сильные стороны	Слабые стороны
	научно-исследовательского проекта:	научно-исследовательского проекта:
	С1 Широкий выбор предоставляемых функций для имитации сигналов.	Сл1 Более высокая стоимость комплектующий устройства по сравнению с предыдущей версией.
	С2 Более низкая стоимость устройства по сравнению с другими аналогичными предложениями.	Сл2 Ограничения используемого интерфейса устройства
	С3 Простота в использовании. Не	Сл3 Необходимость наличия внешних

	<p>требуется специальной квалификации для работы с оборудованием.</p> <p>C4 Наличие технических и программных средств для тестирования образца.</p> <p>C5 Наличие прототипа научной разработки.</p>	<p>источников питания для отдельных модулей устройства.</p> <p>Сл4 Использование специфического подключения устройства на физическом уровне.</p>
<p>Возможности:</p> <p>V1 Использование имитатора для тестирования систем управления, схожих со структурой системы лабораторного стенда.</p> <p>V2 Тестирование сложных алгоритмов системы управления.</p> <p>V3 Использование имитатора сигналов для тестирования плат ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов.</p>	<p>Использование устройства студентами для тестирования разработанных систем управления</p>	<p>Предусмотреть возможность использования преобразователя интерфейса для подключения имитатора сигналов к другим стендам</p>

<p>Угрозы:</p> <p>У1 Изменение учебного плана кафедры, потеря актуальности изучения данного предмета</p> <p>У2 Отсутствие финансирования для наладки оборудования</p> <p>У3 Наличие на рынке более мощных технических решений в данной отрасли.</p>	<p>Внедрение и изучение приемов программирования на данном стенде на других специальностях</p>	<p>Расширение функционала устройства для конкуренции с более мощными решениями.</p>
---	--	---

На основе внешних и внутренних факторов, полученных при составлении матрицы SWOT, были сформулированы стратегические решения для улучшения предложения и соответственно повышения его конкурентоспособности на рынке.

#### **4.3 Оценка готовности проекта к коммерциализации**

Оценка готовности к коммерциализации отображает насколько готов проект к получению прибыли и выявляет уровень знаний разработчика для этого. Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации приведен в таблице 3.

Таблица 13 – Оценка степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	2	2
Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	3
Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	2	1
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	2
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	2
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	1	1
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	1

Определены пути продвижения научной разработки на рынок	1	1
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	1	1
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	2	1
Проработан механизм реализации научного проекта	1	1
<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>28</b>	<b>25</b>

По результатам оценки готовности проекта к коммерциализации можно сделать вывод о том, что перспективность разрабатываемого проекта можно считать ниже средней. Как видно из таблицы, многие вопросы относительно проработанности проекта на данный момент остаются не раскрытыми. Для подготовки проекта к коммерциализации необходимо проработать данные аспекты, а так же повысить уровень квалификации разработчика по данным вопросам.

#### 4.4 Инициация проекта

Инициация проекта определяет изначальные цели и финансовые ресурсы. Определяются заинтересованные стороны, которые влияют на общий ход и результат проекта.

Таблица 14 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ТПУ, ФТИ, кафедра ЭАФУ	Требуемое функционирование имитатора сигналов в составе лабораторного стенда

Таблица 15 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Расширение функционала лабораторной установки
Ожидаемые результаты проекта:	Требуемое функционирование имитатора сигналов в составе лабораторного стенда
Критерии приемки результата проекта:	1 Работоспособность имитатора сигналов 2 Требуемая точность показаний приборов
Требования к результату проекта:	Корректное функционирование имитатора сигналов в составе лабораторного стенда
	Наличие ПО тестирования имитатора сигналов, разработанного в САПР Trace Mode
	Наличие инструкции пользователя/программиста на разрабатываемое ПО
	Наличие технической документации на имитатор сигналов

Таблица 16 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
Павлов В.М., НИ ТПУ, кафедра ЭАФУ, доцент	Научный руководитель	Выдача задания, консультирование, проверка	84
Бычков И.П, НИ ТПУ, кафедра ЭАФУ, студент	Разработчик	Анализ литературы, сборка имитатора сигналов, разработка ПО тестирования, экспериментальная проверка, подготовка документации	504

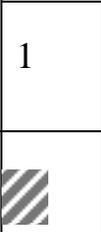
Таблица 17 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
3.1 Бюджет проекта, р	93919,92
3.1.1 Источник финансирования	НИ ТПУ
3.2 Сроки проекта:	3.10.2016–26.01.2017
3.2.1 Дата утверждения плана управления проектом	3.10.2016
3.2.2 Дата завершения проекта	26. 01.2017
3.3 Прочие ограничения и допущения	отсутствуют

## 4.5 План проекта

В рамках плана проекта требуется построить Диаграмму Ганта – гистограмму, которая иллюстрирует календарный план проекта.

Таблица 18 – Календарный план-график проведения ВКР

Вид работ	Исполнители	Тк, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ, неделя												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Составление технического задания	Руководитель	3													
Изучение литературы, электрических схем	Дипломник	7													
Сборка имитатора. Доработка электрических схем	Руководитель, дипломник	25													

Проектирование средств соединения имитатора со стендом. Интегрирование имитатора в стенд	Дипломник	20												
Разработка ПО тестирования плат УСО и корректной работы имитатора	Руководитель, дипломник	10												
Тестирование имитатора. Выявление неисправностей	Дипломник	8												
Доработка стенда до полной работоспособности	Дипломник	7												
Подготовка технической документации на имитатор сигналов. Проверка документации	Руководитель, дипломник	7												

 – научный руководитель;  – дипломник

## 4.6 Бюджет научного исследования

### 4.6.1 Материальные затраты

Данный пункт включает в себя стоимость всех материалов, необходимых для выполнения работы.

К категории материалов относят:

- сырьё, основные и вспомогательные материалы;
- комплектующие изделия;
- электроэнергия на технологические цели.

Затраты на электроэнергию связанные со сборкой устройства рассчитываются по формуле (12):

$$C = \Pi_{\text{эл}} \cdot P \cdot F_{\text{об}}, \quad (12)$$

где  $C$  – затраты на электроэнергию, р.;

$\Pi_{\text{эл}}$  – тариф за электроэнергию (5,8 р., за 1 кВт·ч);

$P$  – мощность оборудования, кВт;

$F_{\text{об}}$  – время использования оборудования, ч.

Установка потребляет 1,5 кВт электроэнергии. Время работы установки в период выполнения работы, согласно диаграмме Ганта, составило 38 дней. Следовательно, учитывая шестичасовой рабочий день, затраты на потребление электроэнергии установкой составляет:

$$C = 5,8 \cdot 1,5 \cdot 38 \cdot 6 = 1983,6 \text{ р} \quad (13)$$

В ходе выполнения дипломной работы были приобретены комплектующие для экспериментальной установки. Затраты на материалы и комплектующие представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Техническая реализация стенда. Затраты

Наименование товара	Кол-во	Цена, руб.	Сумма
Перфорированная маркированная панель 4U Для монтажа в конструктив 19"	1	1000	1000
DIN-Рейка 35мм, длина 400мм	1	206	206
Гайка с барашком, М6	4	2,20	8,80
Гайка М6, ГОСТ 5915-70	14	0,45	6,30
Болт М6-136 ГОСТ7798-70	2	0,40	0,80
Шпилька М6х2206 ГОСТ 2203-76	4	2	8
Держатель светодиода RTF-8080 клипса 8 мм, пластмасса, выпуклый	16	12,06	192,96
ISR-101-8С Переключатель 220 В, желтый	1	12	12
Переключатель сетевой 220 В, черный	2	12	24
L-10603URD, Светодиод,	8	9	72

3В, 12мм, красный			
L-10603URD, Светодиод, 3В, 12мм, прозрачный	8	9	72
KCD1Переключатель 220 В красный	16	38	608
Переключатель галетный ПГ2-12-6П8Н	4	597	2388
Резистор 700 Ом, 2 Вт	15	2	30
Источник вторичного электропитания, 24 В, 60 Вт, монтаж на DIN-рельс	1	1065	1065
Измеритель токовой петли ИТП-11	2	2006	4012
Цифровой измеритель напряжения DP6-DV	2	1200	2400
Шнур соединительный, м	40	14	560
Клемма 2х проводная UT 2,5 Phoenix Contact	30	67,75	2032,5
Блок ручного задатчика БРУ-1	2	10360,4	20720,8
Итого по статье С <sub>м</sub>			35417,86

Для оборудования, стоимость которого превышает 20000 рублей необходим расчет амортизации. В качестве спецоборудования использовался ноутбук Acer Aspire ES1-531-C432. Для расчета амортизации на данное оборудование воспользуемся линейным методом:

$$K = \left( \frac{1}{n} \right) \cdot 100\%, \quad (14)$$

где  $K$  – норма амортизации в процентах к первоначальной стоимости объекта амортизируемого имущества,  $n$  – срок полезного использования данного объекта амортизируемого имущества, выраженный в месяцах.

Пусть срок полезного использования равен 5 лет. Тогда, норма амортизации будет равна:

$$K = \left( \frac{1}{60} \right) \cdot 100\% = 1,67\% \quad (15)$$

Месячная амортизация равна  $20000 \cdot 0,0167 = 334$  руб. Тогда, с учетом времени разработки проекта, сумма амортизационных отчислений на период разработки равна  $334 \cdot 3 = 1002$  р.

#### **4.6.2 Расчет заработной платы участников проекта**

Основная заработная плата рассчитывается по формуле 16:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}} \quad (16)$$

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

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника;

$T_{\text{раб}}$  – продолжительность работ, выполняемых работником.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле 17:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}} \quad (17)$$

где  $Z_{\text{м}}$  – оклад работника;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в год;

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

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (18)$$

где  $Z_{\text{б}}$  – базовый оклад;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент;

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок;

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

Оклад руководителя составляет 26300 рублей.

Месячный должностной оклад руководителя:

$$Z_{\text{м}}^{\text{Рук}} = 26300 \cdot (1 + 0) \cdot 1,3 = 34190 \text{ р} \quad (19)$$

Месячный должностной оклад дипломника:

$$Z_{\text{м}}^{\text{Дип}} = 7483,58 \cdot (1 + 0) \cdot 1,3 = 9728,65 \text{ р} \quad (20)$$

Среднедневная заработная плата руководителя:

$$Z_{\text{дн}}^{\text{Рук}} = \frac{34190 \cdot 10,4}{299} = 1189,22 \text{ р} \quad (21)$$

Среднедневная заработная плата дипломника:

$$Z_{\text{дн}}^{\text{дип}} = \frac{9728,65 \cdot 10,4}{299} = 338,39 \text{ р} \quad (22)$$

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы

Этап	Исполнитель	Трудоем- кость, чел. дн.	З/п на одного чел. в дн., руб	Всего з/п, руб.
Составление технического задания	Руководитель	3	1189,22	3567,66
Изучение литературы, электрических схем	Дипломник	7	338,39	2368,73
Сборка имитатора. Доработка электрических схем	Руководитель Дипломник	5 25	1189,2 338,39	14405,75
Проектирование средств соединения имитатора со стендом. Интегрирование имитатора в стенд	Дипломник	20	338,39	6767,8
Разработка ПО тестирования плат УСО и корректной работы имитатора	Руководитель Дипломник	2 10	1189,22 338,39	5762,3
Тестирование имитатора. Выявление	Дипломник	8	338,39	2707,12

неисправностей				
Доработка стенда до полной работоспособности	Дипломник	7	338,39	2368,73
Подготовка технической документации на имитатор сигналов. Проверка документации	Руководитель, дипломник	4 7	1189,22 338,39	7125,61
Итого:				45073,84

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{б, руб}$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м, р}$	$Z_{дн, р}$	$T_{р, раб. дн}$	$Z_{осн, р}$
Руководитель	26300	1	0	1,3	34190	1189,22	14	16649,08
Дипломник	7483,58	1	0	1,3	9728,65	338,39	84	28424,76

Оценка бюджета проекта проводилась при помощи группировки затрат по статьям. Полученные данные представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Группировка затрат по статьям

Вид работ	Основная з/п	Отчисления на соц. нужды (30%)	Сырье, материалы, покупные изделия	Затраты на спецоборудование	Накладные расходы на электроэнергию	Итого себестоимость
1	3567,66	1070,298	35417,86	1002	1983,6	4637,958
2	2368,73	710,619				3079,349
3	14405,75	4321,725				18727,48
4	6767,8	2030,34				8798,14
5	5762,3	1728,69				7490,99
6	2707,12	812,136				3519,256
7	2368,73	710,619				3079,349
8	7125,61	2137,683				9263,293
Итого						96999,27

#### 4.7 Реестр рисков проекта

Риски проекта – возможные события, которые могут негативно повлиять на проект.

Таблица 23 – Реестр рисков

Риск	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления	Влияние риска	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
Отсутствие актуальности использования лабораторного стенда	Прекращение использования лабораторного стенда на кафедре	2	4	средний	Рассмотрение использования лабораторного стенда на смежных специальностях	Изменение учебного плана в рамках дисциплины СКТ
Выход из строя компонентов имитатора сигналов	Ограничение функционирования или прекращение работы ИС	3	4	средний	Проведение периодической диагностики устройства	Окончание срока полезного использования. Поломка студентами по неосторожности в процессе обучения

#### 4.8 Оценка сравнительной эффективности исследования

Для оценки эффективности исследования нужно рассчитать интегральный показатель эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением финансовой эффективности  $I_{\phi}^p$  и ресурсоэффективности  $I_m^p$ .

Бюджет разрабатываемого проекта составляет 96999,27 р. Максимальную стоимость исполнения научно-исследовательского проекта примем равной 500000 рублей. Цену за разработку и внедрение устройства аналога 300000.

Интегральный финансовый показатель разработки  $I_{\phi}^p$  определяется по формуле (23):

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} \quad (23)$$

где  $\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги), тогда

$$I_{\phi}^p = \frac{96999,27}{500000} = 0,194 \quad (24)$$

Интегральный финансовый показатель аналога  $I_{\phi}^a$  определяется по формуле (25):

$$I_{\phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\max}} = \frac{300000}{500000} = 0,6 \quad (25)$$

Интегральные показатели ресурсоэффективности рассчитаны по таблице 24.

Таблица 24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент	Текущий проект	Аналог
1 Предоставляемые возможности	0,25	5	3
2 Удобство в эксплуатации	0,2	4	3
3 Качество интеллектуального интерфейса	0,15	4	3
4 Энергосбережение	0,1	4	4
5 Надежность	0,2	5	5
6 Материалоемкость	0,1	5	3
Итого	1	28	26

$$I_m^p = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,1 = 4,55 \quad (26)$$

$$I_m^a = 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 = 3,5 \quad (27)$$

Интегральный показатель эффективности разработки  $I_{финр}^p$  определяется по формуле (28):

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_\phi^p} = \frac{4,55}{0,194} = 23,45 \quad (28)$$

Интегральный показатель эффективности аналога  $I_{финр}^a$  определяется по формуле (29):

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_\phi^a} = \frac{3,55}{0,6} = 5,91 \quad (29)$$

Сравнительная эффективность проекта  $\mathcal{E}_{\text{ср}}$  определяется по формуле (30):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} = \frac{23,45}{5,91} = 3,97 \quad (30)$$

Результаты расчетов сравнительной эффективности проекта приведены в таблице 25.

Таблица 25 – Сравнительная эффективность проекта

Показатели	Аналог	Разработка
Интегральный финансовый показатель разработки	0,6	0,194
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,5	4,55
Интегральный показатель эффективности	5,91	23,45
Сравнительная эффективность проекта	3,97	

Из таблицы видно, что сравнительная эффективность проекта имеет высокий коэффициент больший 1, это говорит о том, что в сравнении с аналогом разрабатываемый проект требует меньше капитальных вложений и является наиболее эффективным.