

**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>РАЗРАБОТКА ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО КОНТРОЛЛЕРА СИСТЕМЫ ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ</b>

УДК 004.384:621.313.13

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0712	Термер А.А.		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер-программист, и.о. начальника отдела НИР	Клочков Н.В.			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По научно-техническим вопросам

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Денисевич А.А.			

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Гл. бухгалтер	Быкова Н.Р.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Директор по общим вопросам	Баталов Ю.Ф.			

**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	<p>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.</p>
P2	<p>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</p>

	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.
<b><i>Профессиональные компетенции</i></b>	
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

	<p>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</p>

	<p>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 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</p>

	<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**

Зам. директора ООО НПП  
«ТИК»

\_\_\_\_\_ А.В. Салимова  
«27» октября 2016 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение выпускной квалификационной работы**

**В форме:**

Дипломной работы
------------------

**Студенту:**

Группа	ФИО
0712	Термер А.А.

**Тема работы:**

Разработка программируемо логического контроллера системы противоаварийной защиты электродвигателя
--

<b>Утверждена приказом директора ФТИ</b>	от 31.10.2016 № 9286/с
--	------------------------

<b>Дата сдачи студентом выполненной работы</b>	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	<p>1 Разрабатываемое устройство должно выполнять функции противоаварийной защиты, источника питания для подключаемых устройств, барьера искробезопасности.</p> <p>2 Устройство разработать на основе микроконтроллера STM32F103.</p> <p>3 Реализовать универсальный входной канал для измерения: – Тока в диапазоне 0-22 мА.</p>
---------------------------------	--

	<p>– Напряжения постоянного тока с диапазоном 0-5/0-10 В.</p> <p>– Напряжения с канала ICP.</p> <p>– Температуры с помощью термосопротивлений TCM50 и TCM100</p> <p>4 Реализовать унифицированный выходной сигнал 4-20 мА (токовая петля).</p> <p>5 Реализовать цифровой канал с интерфейсом RS-485 протокол Modbus RTU</p> <p>6 Реализовать 2 релейных выхода (нормально замкнутый и нормально разомкнутый), с параметрами I до 5 А, U до 240 В переменного или до 28 В постоянного тока.</p> <p>7 Реализовать индикацию работы устройства, состоящую из RGB-светодиода и OLED дисплея</p> <p>8 Для квитирования событий реализовать кнопку на лицевой панели устройства и цифровой вход.</p> <p>9 Настройка устройства должна производиться через цифровой канал, реализовать защиту от изменения параметров.</p> <p>10 Габаритные размеры устройства: 99 мм x 113 мм x 22,5 мм.</p> <p>11 Напряжение питания: +24 В ± 2 В. Реализовать контроль питания.</p>
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	<p>1 Аналитический обзор используемых средств разработки и существующих решений.</p> <p>2 Разработка электрической принципиальной схемы контроллера.</p> <p>3 Разработка алгоритма функционирования контроллера и его программная реализация.</p> <p>4 Разработка печатной платы устройства.</p>
<b>Перечень графического материала</b>	<p>1 Схема функциональная</p> <p>2 Схема электрическая принципиальная.</p> <p>3 Схема алгоритма программы.</p>
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гл. бухгалтер Быкова Н.Р.
Социальная ответственность	Директор по общим вопросам Баталов Ю.Ф.

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	27 октября 2016 г.
---	--------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Инженер-программист, и.о. начальника отдела НИР	Клочков Н.В.			27.10.16

**Задание принял к исполнению студент**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
0712	Термер А.А.		27.10.16

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 156 с., 37 рис., 33 табл., 15 источников, 9 прил.

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ ЛОГИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЛЕР, СИГНАЛ, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, УСТРОЙСТВО, СХЕМА, ПРОГРАММА, ИНТЕРФЕЙС, РЕЛЕ, ИЗМЕРЕНИЕ, ИНДИКАТОР, УСТАВКА, СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОЕ ОТКЛОНЕНИЕ, ПРЕРЫВАНИЕ, ДАТЧИК, ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЬ

Объектом разработки является контроллер для приема и обработки сигналов с датчиков (ток, напряжение или температура), передачи выходного сигнала четыре-двадцать миллиампер, передачи данных по цифровому интерфейсу RS-485.

Цель работы – разработка устройства, обеспечивающего получение сигналов с различных датчиков, обработку полученных данных, преобразование обработанных данных в пропорциональный выходной сигнал, а также обеспечение функций источника питания для датчиков и функций противоаварийной защиты.

В данной работе был произведен обзор литературы по средствам разработки, использованных при проектировании устройства. Был изучен микроконтроллер STM32F103RE, который лежал в основе проектируемого устройства. В результате была разработана блок-схема алгоритма программы, программа, реализующая необходимые функции, принципиальная электрическая схема и печатная плата устройства.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в универсальности разрабатываемого устройство, за счет чего увеличиваются возможности использования прибора, а также сокращение затрат на производства за счет рационального объединения функционала трех устройств.

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

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ Р МЭК 60079–11–2010 Взрывоопасные среды. Часть 11. Искробезопасная электрическая цепь «i».

ГОСТ 2.702–75 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем.

ГОСТ 2.728–74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Резисторы, конденсаторы.

ГОСТ 2.730–73 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические на схемах. Приборы полупроводниковые.

ГОСТ 12.1.005–88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны

ГОСТ 12.2.032–78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования

НПБ 105–03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности

СНиП 23–05–95 Естественное и искусственное освещение

СП 2.2.1.1312–03 Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых промышленных предприятий.

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

программируемый логический контроллер; ПЛК.

фильтр нижних частот; ФНЦ.

противоаварийная защита; ПАЗ.

система автоматизированного проектирования; САПР.

цифро-аналоговый преобразователь; ЦАП.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	16
1 Обзор литературы .....	17
1.1 Микроконтроллер.....	17
1.2 Вибродиагностика электродвигателей.....	19
1.3 Subversion.....	20
1.3.1 Модель работы .....	22
1.3.2 TortoiseSVN.....	22
1.4 Keil 5 .....	24
1.5 Altium Designer .....	26
1.6 Существующие решения .....	29
1.6.1 Контроллер ТИК-PLC 112 .....	30
1.6.2 Контроллер ТИК-PLC 121 .....	31
1.6.3 Барьер безопасности .....	32
2 Разработка и обоснование функциональной схемы устройства .....	34
3 Разработка схемы электрической принципиальной .....	36
3.1 Выбор микроконтроллера и его характеристики.....	36
3.3 Выбор преобразователя RS-485.....	39
3.4 Выбор преобразователя напряжение - токовая петля .....	40
3.5 Расчет универсального измерительного канала .....	41
3.5.1 Искробезопасность.....	49
3.6 Выбор элементов индикации .....	55
3.7 Выбор реле .....	57
3.8 Прочие расчеты .....	58
3.8.1 Схема контроля питания .....	58
3.8.5 Reset микроконтроллера.....	60
4 Конструктивное исполнение.....	62
5 Разработка программы для микроконтроллера.....	66
6 Экспериментальная часть.....	72
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	76

7.1 Введение.....	76
7.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	77
7.3 SWOT-анализ.....	79
7.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	81
7.4 Инициация проекта .....	84
7.5 План проекта.....	86
7.6 Бюджет научного исследования .....	89
7.6.1 Расчет затрат на сырье, материалы, комплектующие .....	90
7.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование .....	93
7.6.3 Расчет затрат на оплату труда.....	95
7.6.4 Оплата работ, выполняемых сторонними организациями .....	97
7.6.5 Накладные расходы.....	97
7.6.6 Расчет потребляемой электроэнергии.....	98
7.6.7 Расчет серийной себестоимости одной единицы продукции .....	99
7.7 Реестр рисков проекта .....	102
7.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	103
7.8.1 Оценка абсолютной эффективности исследования.....	102
7.8.2 Оценка сравнительной эффективности разработки .....	105
8 Социальная ответственность.....	109
8.1 Введение.....	109
8.2 Описание рабочего места .....	110
8.3 Анализ вредных факторов.....	110
8.3.1 Эргономика и организация рабочего места.....	110
8.3.2 Нормы естественного и искусственного освещения.....	112
8.3.3 Производственный шум .....	114
8.3.4 Мероприятия по радиационной безопасности .....	115
8.3.5 Вентиляция и отопление .....	116
8.3.6 Электробезопасность .....	116
8.3.7 Пожаро-взрывобезопасность .....	118

8.4 Охрана окружающей среды .....	119
8.5 Выводы по разделу.....	119
Заключение .....	121
Список используемых источников.....	123
Приложение А Функциональная схема устройства .....	125
Приложение Б Принципиальная схема основной платы .....	126
Приложение В Перечень элементов основной платы .....	127
Приложение Г Принципиальная схема платы индикации.....	131
Приложение Д Перечень элементов платы индикации .....	132
Приложение Е Блок-схема основной программы микроконтроллера.....	133
Приложение Ж Текст основной программы для микроконтроллера .....	134
Приложение И Таблица регистров Modbus RTU.....	153
Приложение К Графический материал .....	на отдельных листах
Титульный лист .....	156
Актуальность работы.....	157
Цели и задачи.....	158
Основание разработки .....	159
Функциональная схема.....	162
Принципиальная схема входного канала.....	163
Блок-схема.....	164
Экспериментальная часть.....	165
Корпус устройства .....	167
Платы устройства .....	168
Технико-экономическое обоснование работы .....	169
Результаты работы .....	170
Диск CD-RW .....	в конверте на обороте обложки
<p style="text-align: center;">ФЮРА.421243.019ПЗ Пояснительная записка ВКР. Файл Диплом Термер А.А..docx в формате MSWord 2013</p> <p style="text-align: center;">Материалы ВКР. Файл Диплом Термер А..А.zip в формате ZIP-архива</p>	

## ВВЕДЕНИЕ

В наше время существует большое количество датчиков с различного рода выходными сигналами для контроля работы электродвигателей. Появляется необходимость в устройстве, для обработки этих сигналов, представлении их в унифицированной форме, а также цифровой передачи полученной информации.

Фирма НПП «ТИК» производит три вида ПЛК. У каждого на вход подключаются различные виды датчиков, в зависимости от исполнения. Одной из целей данной работы является объединение функционала трех различных контроллеров в один.

Производство одного универсального контроллера позволит эффективно использовать производственные мощности, сократит затраты на производство, позволит использовать устройство в самых различных отраслях, а наличие искробезопасных цепей позволит использовать контроллер во взрывоопасных производствах, например, нефтяной или газовой промышленности. Также производство универсального устройства более экономически выгодно, т.к. расширяются возможности использования устройства, следовательно, увеличивается спрос.

В основе разрабатываемого устройства лежит микроконтроллер STM32F103RE с ядром ARM Cortex-M3, т.к. современные микроконтроллеры являются эффективным средством для работы с информацией при достаточно низкой стоимости и компактных размерах.

					<b>ФЮРА.42 1243.019ГЗ</b>		
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			
Разраб.	Термер				Лит.	Лист	Листов
Проверил	Клочков						
Консульт					<b>Введение</b>		
Н. контр.	Ефремов						
Утв.	Горюнов						
					<b>ТГУ ФТИ Группа 0712</b>		

# 1 Обзор литературы

## 1.1 Микроконтроллер

Главным элементом создания средств обработки информации, автоматизации процессов и контроля их информации является микроконтроллер. Микроконтроллер – это компактное устройство, которое представляет собой микросхему, служащую для управления электронными устройствами и обработки информации.

Микроконтроллер состоит из центрального процессора, устройств памяти (ОЗУ и ПЗУ), цифровое и аналоговое устройства ввода-вывода, таймеры, устройство прерываний. Также в состав микроконтроллера может входить огромное количество периферии, такие как цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи, интерфейсы ввода-вывода (UART, USB, I2C), широтно-импульсные модуляторы, флэш-память, универсальные цифровые порты.

Центральный процессор – это ядро микроконтроллера, важными характеристиками которого являются архитектура, тактовая частота, энергопотребление, производительность, литографический процесс и т.д. Основными задачами центрального процессора является организация обмена информацией между периферией контроллера и преобразование информации на арифметико-логическом устройстве. [1]

Запоминающие устройства служат для хранения кодов функций, программ, констант, информации.

Обобщенная схема однокристалльного микроконтроллера представлена на рисунке 1.1.

					<b>ФЮРА.42 1243.019ГВ</b>		
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			
Разраб.	Термер				Лит.	Лист	Листов
Проверил	Клочков						
Консульт					<b>Обзор литературы</b>		
Н. контр.	Ефремов						
Утв.	Григорьев						
					<b>ТГУ ФТИ Группа 0712</b>		

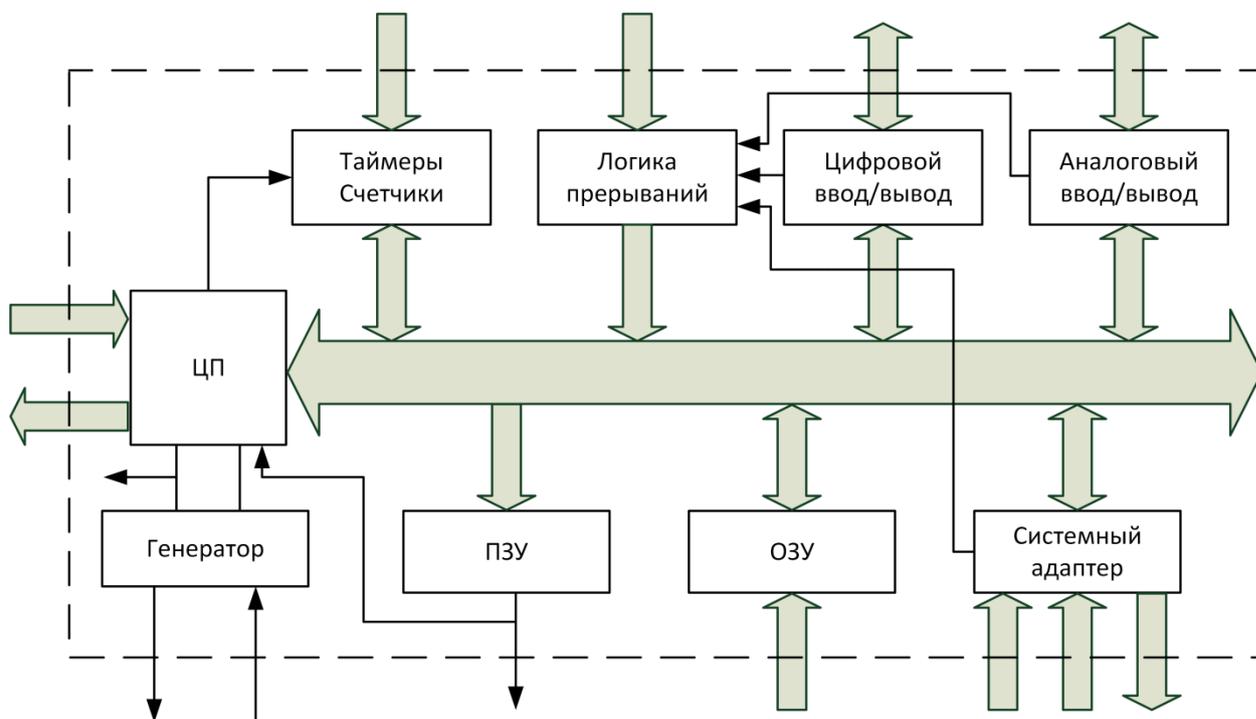


Рисунок 1.1 – Обобщенная схема однокристалльного микроконтроллера

Цифровое устройство ввода-вывода предоставляет возможность связи с внешними устройствами, которые передают информацию в цифровом виде (клавиатура, цифровые датчики и т. д.). Аналоговые устройства ввода-вывода предоставляет возможность связи с внешними устройствами, которые передают информацию в аналоговом виде (в основном датчики, механические, оптические, звуковые приборы, реле, нагреватели и т. д.).

Таймер – это устройство, организованное на основе счетчика и служит для подсчета импульсов. Тактироваться может как он внутреннего генератора, так и от внешнего. Также служит для подсчета интервалов времени, генерации прерываний по какому-либо признаку, в некоторых случаях служит для реализации широтно-импульсной модуляции.

Устройство (контроллер) прерываний служит для последовательной обработки запросов на прерывание, которые приходят от разных устройств (внешних или внутренних).

## 1.2 Вибродиагностика электродвигателей

Вибрационная диагностика – метод диагностики технического оборудования и систем, базирующийся на анализе параметров, характеризующих вибрации, которая создается работающим оборудованием или является вторичной вибрацией, вызванной структурой самого исследуемого объекта.

Вибрационная диагностика решает задачи по поиску неисправностей, а также позволяет оценить техническое состояние исследуемого объекта.

При вибрационной диагностике как правило исследуются временной сигнал или спектр вибрации того или иного оборудования. Также применяется кепстральный анализ.

При вибрационной диагностике анализируются виброускорение, виброперемещение, виброскорость.

В качестве диагностических параметров могут выступать следующие:

ПИК – максимальное значение сигнала;

ПИК-ПИК – (Размах) разница между максимальным и минимальным значением сигнала на рассматриваемом интервале времени;

СКЗ – среднее квадратическое значение (действующее значение) сигнала для рассматриваемой полосы частот;

Из датчиков вибрации наиболее часто применяются акселерометры (вибропреобразователи ускорения) пьезоэлектрические датчики и микромеханические датчики.

Вибрация происходит под действием сил возбуждения, имеющих разные причины. В роторных машинах, например, электродвигатели, силы возбуждения связаны прежде всего с процессом вращения валов.

Объектами вибрационных измерений и исследований являются прежде всего корпуса подшипников, а также валы. В то же время по разным причинам любой элемент машины может стать таким объектом. На рисунке 1.2 показано изображение вибрации ротора электродвигателя [2].

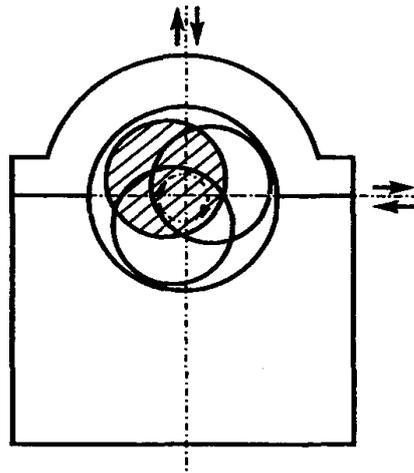


Рисунок 1.2 – Вибрация цапфы ротора корпуса подшипника  
электродвигателя

Целями вибродиагностики являются:

- предупреждение развития дефектов агрегата и сокращение затрат на его восстановление;
- определение оптимальной технологии восстановления работоспособности агрегата, если возникший дефект исключает возможность его нормальной эксплуатации.

Также для диагностики корректной работы следует измерять температуру подшипников. Поскольку при увеличении силы трения подшипника, увеличивается температура.

### 1.3 Subversion

Subversion – свободная централизованная система управления версиями.

При разработке Subversion, начатой в 2000 году по инициативе и финансовой поддержке CollabNet, планировалось создать свободную систему управления версиями, похожую на CVS, исключив ошибки и неудобства последней. В то время CVS была стандартом среди разработчиков свободного программного обеспечения. Основываясь на CVS, разработчики Subversion старались упростить разработку за счёт использования уже проверенных

концепций и в то же время облегчить переход на новую систему многочисленным пользователям CVS.

Возможности, предоставляемые системой Subversion:

- хранение всей истории изменений объектов в централизованном хранилище (репозитории), в том числе при переименовании, перемещении и удалении;
- копирование объектов, при этом в хранилище создаются два различных объекта с общей историей;
- поддержка переноса изменений между копиями объектов, в том числе полного слияния копий (в рабочей копии; без объединения истории).
- поддержка ветвления;
- поддержка конкурентной многопользовательской работы с хранилищем и автоматическим слиянием изменений различных разработчиков;
- фиксации изменений в хранилище организуются в виде атомарных транзакций;
- сетевой обмен между сервером и клиентом предусматривает передачу только различий между рабочей копией и хранилищем;
- обеспечивается одинаково эффективная работа как с текстовыми, так и с двоичными файлами;
- различные варианты доступа к хранилищу;
- возможность зеркалирования хранилища;
- два возможных внутренних формата хранилища: база данных или набор обычных файлов;
- библиотеки для языков PHP, Python, Perl, Java позволяют встроить функциональность клиента Subversion в программы, написанные на этих языках;
- многоуровневая архитектура библиотек, изначально рассчитанная на клиент-серверную модель.

### **1.3.1 Модель работы**

Subversion – централизованная система (в отличие от распределённых систем, таких как Git или Mercurial), это означает что данные хранятся в едином хранилище. Хранилище может располагаться на сервере или на жестком диске.

Работа в Subversion достаточно проста. Клиенты копируют файлы из хранилища, таким образом создаются локальные рабочие копии, вносят изменения в рабочие копии, затем фиксируют эти изменения в хранилище. Несколько клиентов могут одновременно обращаться к хранилищу. Для совместной работы над файлами в Subversion преимущественно используется модель копирование – изменение – слияние. Кроме того, для файлов, не допускающих слияние (различные бинарные форматы файлов), можно использовать модель блокирование – изменение – разблокирование.

При сохранении новых версий используется дельта-компрессия: система находит отличия новой версии от предыдущей и записывает только их, избегая дублирования данных.

### **1.3.2 TortoiseSVN**

TortoiseSVN – это бесплатный клиент для системы контроля версий Subversion, выполненный как расширение оболочки Windows.

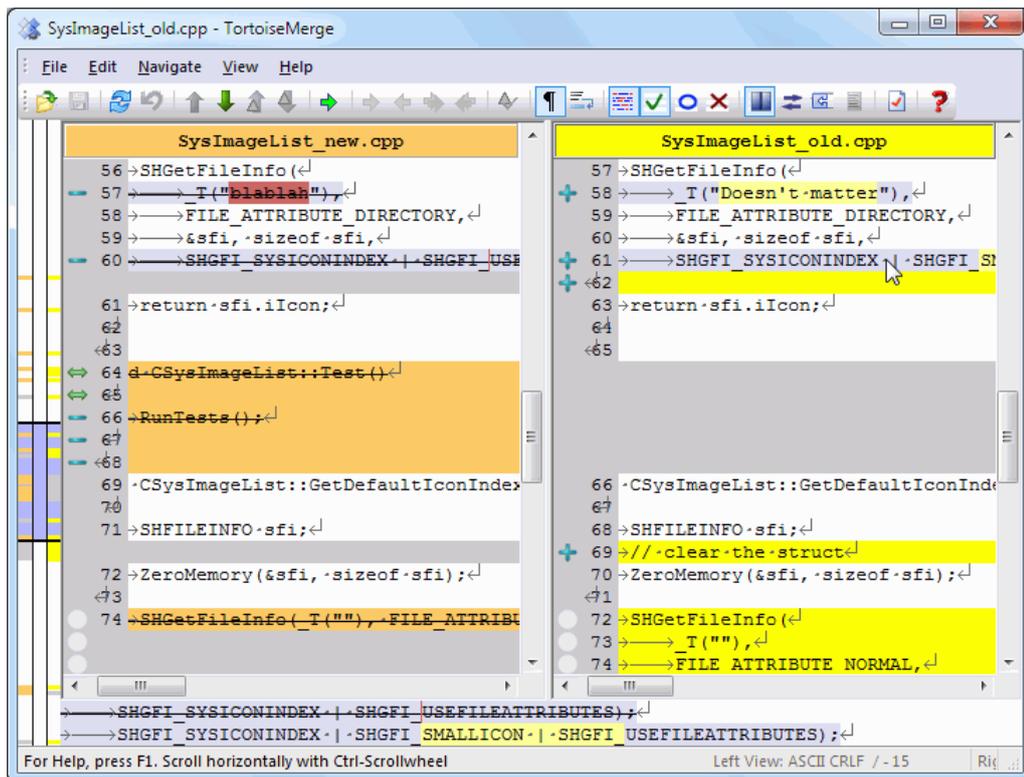


Рисунок 1.3 – Окно сравнения измененного файла в программе TortoiseSVN

TortoiseSVN позволяет управлять файлами и папками во времени. Файлы хранятся в центральном хранилище, в котором запоминается каждое изменение, сделанное в хранимых файлах и папках. Это даёт возможность восстанавливать старые версии файлов и изучать историю их изменения. Поэтому Subversion и другие системы контроля версий часто называют «машинами времени» для файловой системы.

Возможности TortoiseSVN:

- интеграция с оболочкой Windows (опции пакета отображены в контекстном меню);
- простой доступ к командам Subversion;
- для работы не требуется IDE;
- информационные значки на иконках файлов для индикации состояния файла;
- версирование папок;
- атомарные фиксации;
- версированные метаданные;

- возможность выбора сетевого уровня;
- единый способ обработки данных;
- эффективные ветки и метки;
- на сайте доступно множество версий локализаций пакета.

## 1.4 Keil 5

Среда разработки, представляющая собой набор утилит для выполнения полного комплекса мероприятий по написанию программного обеспечения для микроконтроллеров.

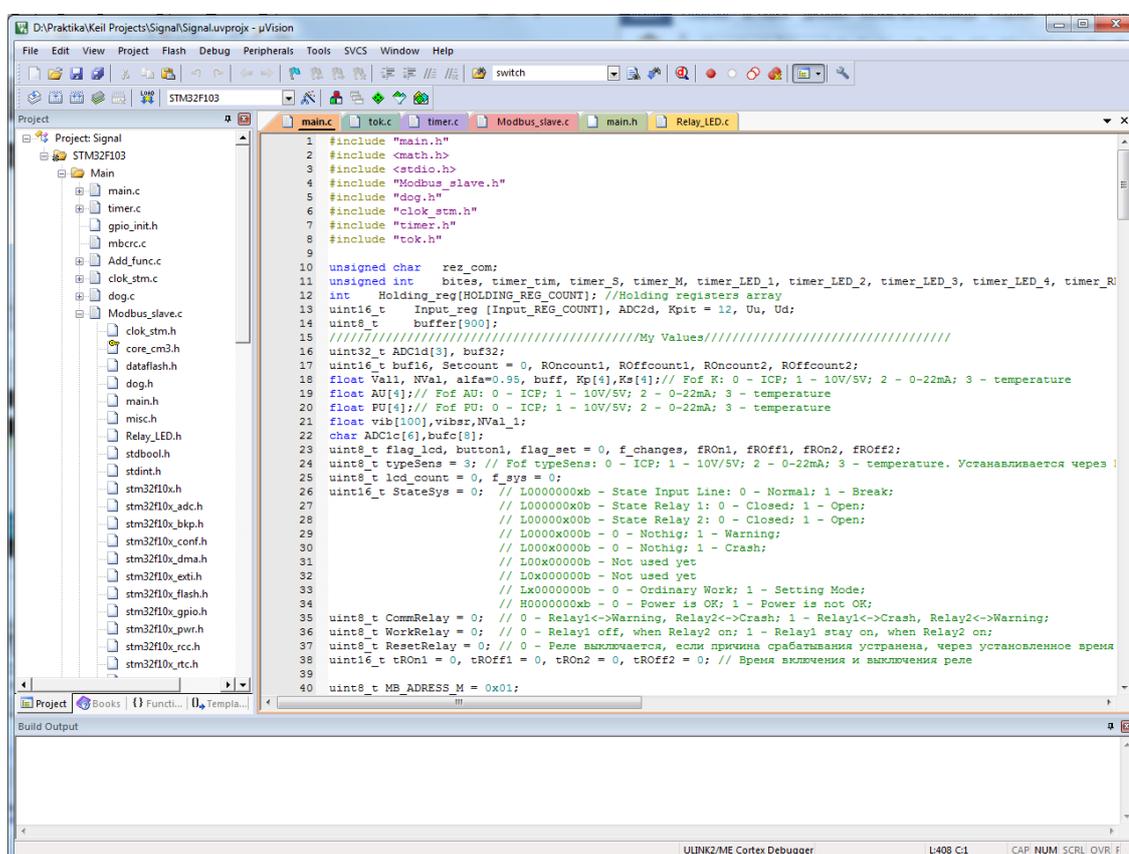


Рисунок 1.4 – Рабочее окно программы Keil

Keil uVision позволяет работать с проектами любой степени сложности, начиная с введения и правки исходных текстов и заканчивая внутрисхемной отладкой кода и программированием ПЗУ микроконтроллера. От разработчика скрыта большая часть второстепенных функций, что сильно разгружает интерфейс и делает управление интуитивно понятным. Однако при

возрастании сложности реализуемых задач, всегда можно задействовать весь потенциал модулей, функционирующих под управлением единой оболочки. Среди основных программных средств Keil uVision можно отметить:

- базу данных микроконтроллеров, содержащую подробную информацию обо всех поддерживаемых устройствах. Здесь хранятся их конфигурационные данные и ссылки на источники информации с дополнительными техническими описаниями. При добавлении нового устройства в проект все его уникальные опции устанавливаются автоматически;

- менеджер проектов, служащий для объединения отдельных текстов программных модулей и файлов в группы, обрабатываемые по единым правилам. Подобная группировка позволяет намного лучше ориентироваться среди множества файлов;

- встроенный редактор, облегчающий работу с исходным текстом за счет использования многооконного интерфейса, выделения синтаксических элементов шрифтом и цветом. Существует опция настройки в соответствии со вкусами разработчика. Редактирование остается доступным и во время отладки программы, что позволяет сразу исправлять ошибки или отмечать проблемные участки кода;

- средства автоматической компиляции, ассемблирования и компоновки проекта, которые предназначены для создания, исполняемого (загрузочного) модуля программы. При этом между файлами автоматически генерируются новые ассемблерные и компиляторные связи, которые в дальнейшем позволяют обрабатывать только те файлы, в которых произошли изменения или файлы, находящиеся в зависимости от изменённых. Функция глобальной оптимизации проекта позволяет достичь наилучшего использования регистров микроконтроллера путем неоднократной компиляции исходного кода. Компиляторы uVision работают с текстами, написанными на Си или ассемблере для контроллеров семейств ARM, MSC51,

C166 и многих других. Кроме того, возможно использование компиляторов других производителей;

- отладчик-симулятор, отлаживающий работу скомпилированной программы на виртуальной модели микропроцессора. Довольно достоверно моделируется работа ядра контроллера и его периферийного оборудования: портов ввода-вывода, таймеров, контроллеров прерываний. Для облегчения комплексной отладки разрабатываемого программного обеспечения возможно подключение программных моделей нестандартного оборудования.

Дополнительные утилиты, облегчающие выполнение наиболее распространенных задач:

- Source Browser, содержащую базу данных программных символов для быстрого поиска;

- Find in Files, предназначенную для поиска заданного кода во всех файлах указанной папки или проекта;

- Tools Menu, позволяющую использовать утилиты сторонних производителей;

- PC-Lint, анализирующую исходный текст программы с выделением потенциально опасных мест;

- Flash tool, программирующую FLASH-память микроконтроллеров.

## **1.5 Altium Designer**

Altium Designer – комплексная система автоматизированного проектирования (САПР) радиоэлектронных средств, разработанная австралийской компанией Altium.

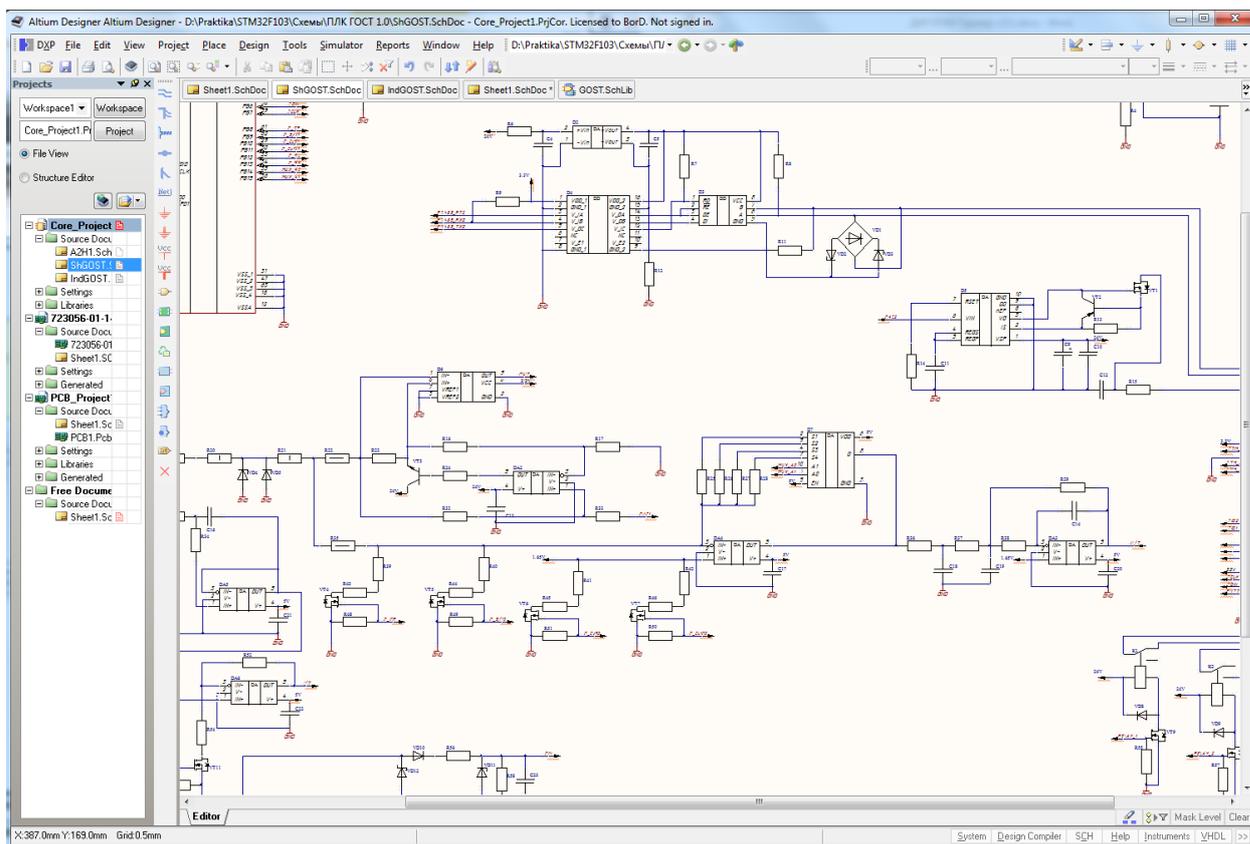


Рисунок 1.5 – Интерфейс программы Altium Designer в режиме рисования схемы

Сегодня Altium Designer – это система, позволяющая реализовывать проекты электронных средств на уровне схемы или программного кода с последующей передачей информации проектировщику ПЛИС или печатной платы. Отличительной особенностью программы является проектная структура и сквозная целостность ведения разработки на разных уровнях проектирования. Иными словами, изменения в разработке на уровне платы могут мгновенно быть переданы на уровень ПЛИС или схемы и так же обратно. Так же в качестве приоритетного направления разработчиков данной программы стоит отметить интеграцию ECAD и MCAD систем. Теперь разработка печатной платы возможна в трёхмерном виде с двунаправленной передачей информации в механические.

В состав программного комплекса Altium Designer входит весь необходимый инструментарий для разработки, редактирования и отладки проектов на базе электрических схем и ПЛИС. Редактор схем позволяет

вводить многоиерархические и многоканальные схемы любой сложности, а также проводить смешанное цифро-аналоговое моделирование. Библиотеки программы содержат более 90 тысяч готовых компонентов, у многих из которых имеются модели посадочных мест, SPICE и IBIS-модели, а также трёхмерные модели. Любую из вышеперечисленных моделей можно создать внутренними средствами программы.

Редактор печатных плат Altium Designer содержит мощные средства интерактивного размещения компонентов и трассировки проводников, которые совместно с интуитивной и полностью визуализированной системой установки правил проектирования максимально упрощают процесс разработки электроники. Инструменты трассировки учитывают все требования, предъявляемые современными технологиями разработок, например, при трассировке дифференциальных пар или высокочастотных участков плат. В состав программы входит автоматический трассировщик Situs, в котором используются наиболее прогрессивные алгоритмы трассировки печатных проводников. Принципиальным отличием последней версии Altium Designer является поддержка двунаправленной работы с механическими деталями и моделями компонентов в формате STEP, которые могут быть импортированы/экспортированы из механических САПР.

Работа над всеми частями проекта ведётся в единой управляющей оболочке Design Explorer, что позволяет разработчику контролировать целостность проекта на всех этапах проектирования. Таким образом, изменения, внесённые на любом этапе разработки, автоматически передаются на все связанные стадии проекта. В дополнение к мощным средствам разработки, Altium Designer имеет широкие возможности импорта и экспорта сторонних систем проектирования и поддерживает практически все стандартные форматы выходных файлов (Gerber, ODB++, DXF и т. д.). Полностью поддерживаются все наработки в виде схем, плат и библиотек, разработанные в последних версиях P-CAD.

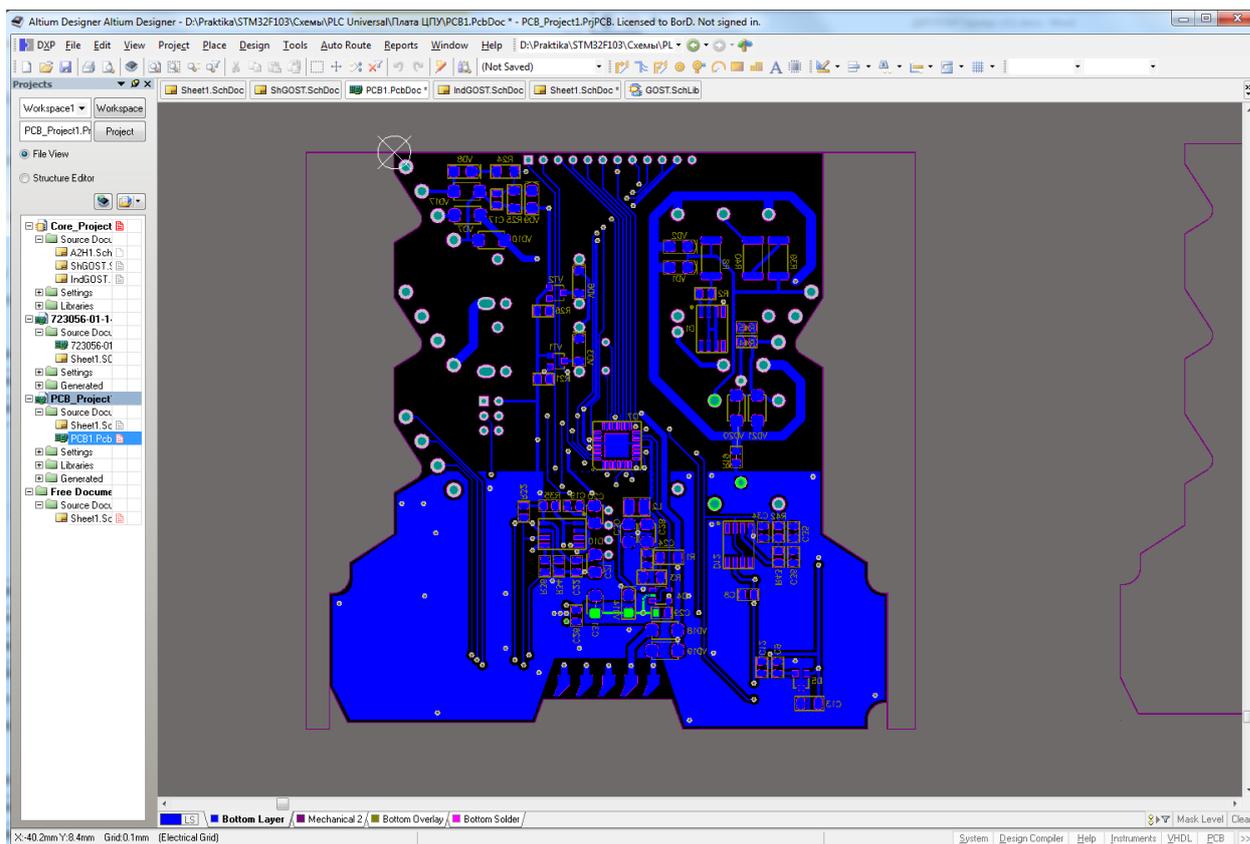


Рисунок 1.6 – Окно программы Altium Designer в режиме создания печатных плат

## 1.6 Существующие решения

На вооружении у НПП «ТИК» есть три разновидности контроллеров для регистрации технологических параметров. Контроллеры отличаются поддерживаемыми входными сигналами в зависимости от исполнения. Так как третий отличается только программным обеспечением, рассмотрим только два из них. Плюс ко всему в разрабатываемом контроллере будет реализована искробезопасная цепь, таким образом контроллер будет выполнять функции барьера безопасности.

## 1.6.1 Контроллер ТИК-PLC 112

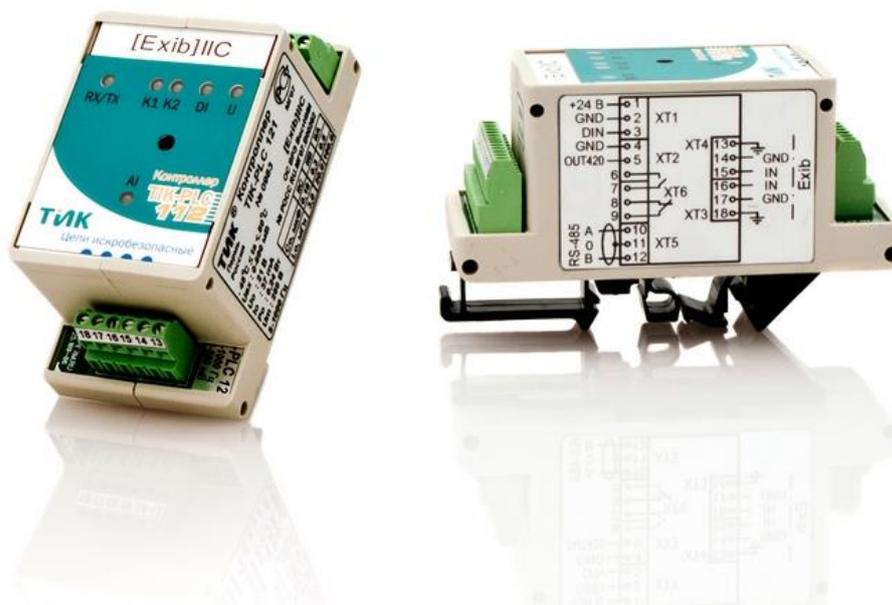


Рисунок 1.7 – Контроллер ТИК-PLC 112

Предназначен для регистрации сигналов, поступающих от внешних датчиков с выходом 4–20 мА, их обработки и передачи получаемой информации во внешнюю систему телемеханики и управления [3].

Выполняет функции ПАЗ, источника питания датчиков и барьера безопасности;

Входы/выходы:

- один канал 4–20 мА для подключения датчиков;
- один выходной канал 4–20 мА;
- два релейных выхода, один дискретный вход.

Таблица 1.1 – Технические характеристики ТИК-PLC 112

Параметр	Значение
Тип входного сигнала	«токовая петля» 4–20 мА
Тип выходного сигнала	«токовая петля» 4–20 мА
Интерфейс	RS-485
Протокол	ModBus RTU

Продолжение таблицы 1.1

Число релейных выходов	2
Число дискретных входов	1

### 1.6.2 Контроллер ТИК-PLC 121

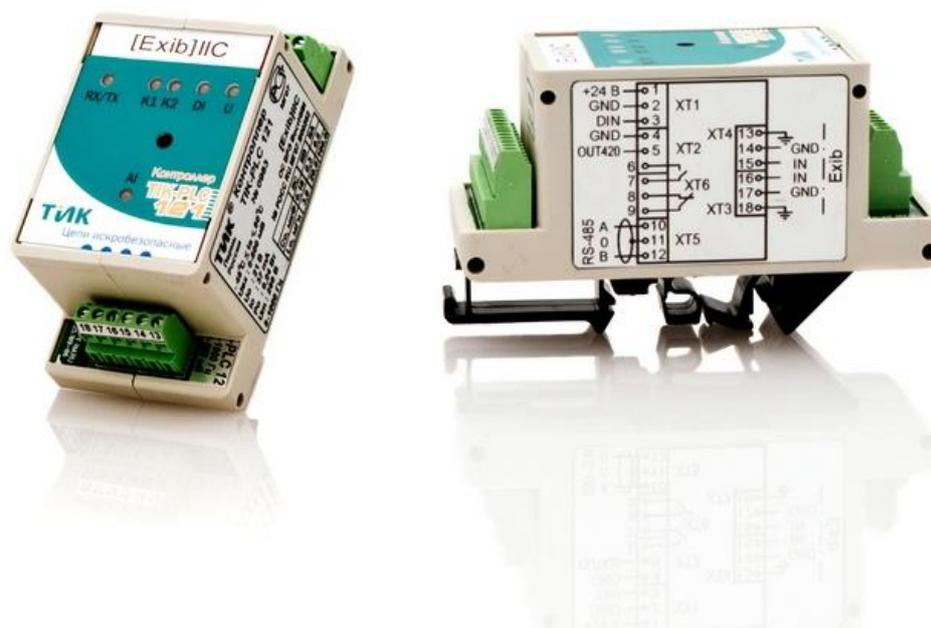


Рисунок 1.8 – Контроллер ТИК-PLC 121

Предназначен для регистрации сигналов, поступающих от внешних датчиков с двухпроводным выходом по напряжению, их обработки и передачи во внешнюю систему телемеханики и управления [3].

Выполняет функции ПАЗ, источника питания датчиков и барьера безопасности;

Входы/выходы:

- один двухпроводной канал по напряжению для подключения датчиков;
- один выходной канал 4–20 мА;
- два релейных выхода, один дискретный вход.

Таблица 1.2 – Технические характеристики ТИК-PLC 121

Параметр	Значение
Диапазон рабочих частот, Гц	10–1000 5–1000
Тип входного сигнала	двухпроводной по напряжению (аналог ICP®)
Тип выходного сигнала	«токовая петля» 4–20 мА
Интерфейс	RS-485
Протокол	ModBus RTU
Число релейных выходов	2
Число дискретных входов	1

### 1.6.3 Барьер безопасности

Барьер безопасности обеспечивает искробезопасность работы датчиков с токовым выходным сигналом. Фактически не выполняет никаких управляющих действий, только транслирует полученный сигнал в токовый выход, на индикаторы на лицевой панели барьера и в цифровой интерфейс RS-485. Двухканальный барьер безопасности представлен на рисунке 1.9 [3].



Рисунок 1.9 – Двухканальный барьер безопасности

Техническое характеристики барьера безопасности представлены в таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Техническое характеристики барьера безопасности

Параметр	Значение
Тип выходного сигнала	«токовая петля» 4–20 мА
Тип входного сигнала	«токовая петля» 4–20 мА
Интерфейс	RS-485
Вид взрывозащиты	искробезопасная электрическая цепь

## 7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 7.1 Введение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не только масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов.

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

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

					<b>ФЮРА.42 1243.019ГЗ</b>		
Изм.	Лист	№ документа	Подпись	Дата			
Разраб.	Термер				Лит.	Лист	Листов
Проверил	Клочков						
Консульт.	Быкова				<b>ТГУ ФТИ Группа 0712</b>		
Н. контр.	Ефремов						
Утв.	Горюнов						

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

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

Разрабатываемый контроллер сложно назвать уникальным, но других контроллеров с таким же набором характеристик на рынке не представлено. Зачастую конкурентные устройства обладают излишними характеристиками, которые значительно увеличивают стоимость конечного продукта, но которые не являются необходимыми.

Анализ конкурентных технических решений будем проводить согласно оценочной карте, представленной в таблице 7.1. Объектами анализа стали универсальные контроллеры: МЕТАКОН-1105 и EVK412.

Таблица 7.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1 Универсальность входного канала	0,1	4	5	5	0,4	0,5	0,5
2 Соответствие требованиям потребителей	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
3 Функциональность	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
4 Возможность настройки	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
5 Наличие цифрового интерфейса	0,08	5	5	4	0,4	0,4	0,32

Продолжение таблицы 7.1

6 Габаритные размеры	0,06	5	3	4	0,3	0,18	0,24
7 Безопасность	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
8 Энергопотребление	0,04	5	2	4	0,2	0,08	0,16
9 Простота монтажа	0,04	5	3	3	0,2	0,12	0,12
Экономические критерии оценки эффективности							
1 Уровень проникновения на рынок	0,08	3	4	5	0,24	0,32	0,4
2 Стоимость	0,08	4	5	5	0,32	0,4	0,4
3 Срок эксплуатации	0,06	5	4	4	0,3	0,24	0,24
4 Послепродажное обслуживание	0,06	5	3	3	0,3	0,18	0,18
5 Наличие сертификации	0,08	5	5	4	0,4	0,4	0,32
Итого	1	66	58	60	4,66	4,36	4,42

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

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i, \quad (7.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Как можно заметить, наиболее значимыми критериями являются универсальность входного канала и соответствие требованиям потребителей.

По результатам проведенного сравнения можно сделать вывод, что

разрабатываемое устройство является достаточно конкурентоспособным по отношению к аналогичным устройствам.

### 7.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта, в котором оцениваются сильные и слабые стороны разработки, возможности и угрозы, а также их взаимосвязь. Итогом данного анализа является таблица 7.2, называемая итоговой матрицей SWOT-анализа.

Таблица 7.2 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны разработки:	Слабые стороны разработки:
	С1. Универсальность	Сл1. Только один входной канал
	С2. Наличие искробезопасных цепей	Сл2. Нет реализации стандартных законов регулирования (ПИ, ПИД)
	С3. Гибкая настройка параметров функционирования	
	С4. Соответствие техническим требованиям заказчиков	

Продолжение таблицы 7.2

<p>Возможности:</p> <p>В1. Использование инфраструктуры ООО НПП «ТИК» г. Пермь</p> <p>В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт</p> <p>В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Предложение текущим клиентам предприятия нового прибора.</p> <p>Привлечение новых клиентов за счет расширения функционала нового устройства, в том числе взрывоопасных производств.</p>	<p>Повышение качества продукции за счет модернизации и исправлений замечаний клиентов.</p> <p>Доработка программного обеспечения устройства.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Появление новых конкурентных разработок</p> <p>У2. Введение дополнительных государственных требований к сертификации продукции</p> <p>У3. Увеличение стоимости электронных компонентов</p>	<p>Проведение постоянного анализа рынка с целью своевременного реагирования на внешние изменения для обеспечения конкурентоспособности разработки.</p> <p>Повышение имиджа предприятия за счет производства качественной продукции.</p>	<p>Проведение разработки с использованием новейших электронных компонентов, обладающих наиболее выигрышными характеристиками.</p> <p>Увеличение функционала устройства.</p>

По итогам SWOT-анализа можно сделать вывод, что у разрабатываемого устройства есть и сильные и слабые стороны, возможности и угрозы, но также можно сказать, что у данной разработки есть стратегии, позволяющие предотвратить возможные угрозы, эффективно использовать возможности, для уменьшения числа слабых сторон и увеличения коммерческой ценности продукта.

## 7.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации представлен в таблице 7.3. Таблица 7.3 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	4
Определены отрасли и технологии для предложения на рынке	5	4
Определена товарная форма для представления на рынок	5	3

Продолжение таблицы 7.3

Определены авторы и осуществлена охрана прав	4	2
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	1
Проведены маркетинговые исследования	5	4
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	4	2
Определены пути продвижения разработки на рынок	5	3
Разработана стратегия (форма) реализации разработки	4	3
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	2	1
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	2	1
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации разработки	4	2

Продолжение таблицы 7.3

Имеется команда для коммерциализации разработки	5	3
Проработан механизм реализации научного проекта	5	4
<b>ИТОГО БАЛЛОВ</b>	<b>64</b>	<b>41</b>

При проведении анализа по таблице, приведенной выше, по каждому показателю ставится оценка по пятибалльной шкале. При оценке степени проработанности научного проекта 1 балл означает непроработанность проекта, а 5 баллов – имеется положительное заключение независимого эксперта. При оценке уровня имеющихся знаний у разработчика 1 означает не знаком или мало знаю, а 5 – знаю теорию, выполняю и могу консультировать.

Оценка готовности научного проета к коммерциализации определяется по формуле:

$$B_{\text{сум}} = \sum B_i, \quad (7.2)$$

где  $B_{\text{сум}}$  – суммарное количество баллов по каждому направлению;

$B_i$  – балл по  $i$ -му показателю.

Значение  $B_{\text{сум}}$  позволяет определить степень готовности научной разработки и ее разработчика к коммерциализации. Таким образом можем сделать вывод, что такая разработки считается перспективной, а знания разработчика оцениваются, как средние. Данная разработка готова к коммерциализации, а недостающие знания разработчика компенсируются имеющимися специалистами предприятия ООО НПП «ТИК», обладающими требуемыми компетенциями.

## 7.4 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. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 7.4.

Таблица 7.4 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ООО НПП «ТИК»	Разработка прототипа нового контроллера, подготовка к процедуре сертификации для последующего серийного производства

В таблице 7.5 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 7.5 – Цели и результаты проекта

Цели проекта	Разработка прототипа программируемого логического контроллера с универсальным входным каналом
Ожидаемые результаты	Прототип контроллера, обладающий отлаженным алгоритмом функционирования
Критерии приемки результатов проекта	Соответствие предъявленным техническим требованиям, успешное прохождение метрологических испытаний

Продолжение таблицы 7.5

Требования к результату проекта	<p>1 Обработка входного сигнала</p> <p>2 Возможность настройки алгоритмов функционирования по цифровому интерфейсу.</p> <p>3 Наличие универсального входного канала.</p> <p>4 Наличие унифицированного токового выхода.</p> <p>5 Наличие индикации функционирования.</p> <p>6 Наличие релейных выходов.</p>
---------------------------------	---

Рабочая группа проекта представлена в таблице 7.6.

Таблица 7.6 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы и должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, ч.
Савченко Р.С., ООО НПП «ТИК», инженер-программист	Руководитель	Постановка задачи, контроль выполнения работ, консультирование исполнителя	88
Термер А.А., ООО НПП «ТИК», инженер-программист	Исполнитель	Разработка схемы устройства, разработка печатной платы устройства, разработка программного обеспечения	320

Ограничения и допущения проекта приведены в таблице 7.7.

Таблица 7.7 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта, р.	
Источник финансирования	ООО НПП «ТИК»,
Сроки проекта:	
Дата утверждения плана управления проектом	27.10.2016
Дата завершения проекта	25.12.2016

### 7.5 План проекта

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм, используемые для иллюстрации календарного плана проекта, в котором работы представляются протяженными во времени отрезками, которые показывают даты начала и окончания выполнения данных работ.

Календарный план в виде диаграммы Ганта представлен в таблице 7.8.

Таблица 7.8 – Календарный план-график проведения работ в виде диаграммы Ганта

Вид работы	Исполнители	Тк, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ, недели								
			1	2	3	4	5	6	7	8	
Составление ТЗ	Дипломник, н.р.	1, 1									
Аналитический обзор	Дипломник	3									
Разработка функциональной схемы	Дипломник, н.р.	3, 1									
Разработка алгоритма функционирования и ПО	Дипломник, н.р.	17, 3									
Разработка принципиальной схемы и печатной платы	Дипломник, н.р.	17, 1									
Отладка ПО	Дипломник, н.р.	3, 1									
Экономический расчет	Дипломник, н.р.	4,1									
Социальная ответственность	Дипломник, н.р.	3, 1									
Оформление пояснительной записки ВКР	Дипломник, н.р.	7, 2									

– Руководитель

– Дипломник

## 7.6 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета проекта должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, необходимых для его выполнения. В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице 7.9.

Таблица 7.9 – Группировка затрат по статьям

Наименование статьи затрат	Размер затрат, р.
Прямые материальные затраты (сырье, комплектующие)	3719,37
Специальное оборудование	52330
Амортизация оборудования	2633,3
Основная заработная плата рабочих	72731,29
Дополнительная заработная плата рабочих	8727,76
Отчисления на социальные нужды	28511,02
Оплата работ, выполняемых сторонними организациями	-
Накладные расходы	65167,24
Прочие расходы	1156,03
Итоговая плановая себестоимость	234976,01

### 7.6.1 Расчет затрат на сырье, материалы, комплектующие

При расчете затрат на сырье, материалы и комплектующие используют формулу:

$$Z_{\text{мат}} = N_{\text{рас}} \cdot Ц, \quad (7.3)$$

где  $N_{\text{рас}}$  – норма расхода на единицу;

$Ц$  – цена, р.

В таблице 7.10 приведен перечень материалов, необходимых для производства прототипа одного устройства. [9]

Таблица 7.10 – Расчет затрат на комплектующие изделия

Наименование	Кол.	Цена за ед., р.	Сумма, р.
Микросхема AD8417WBR	1	310,00	310,00
Микросхема AD8605ART	5	45,00	225,00
Стабилитрон BZV55C5V6	2	2,00	4,00
САР-Tantal 2,2мкФ 35В	1	27,00	27,00
САР-Tantal 47мкФ 10В	1	67,00	67,00
КХ-К 8 МГц	1	15,00	15,00
ОРА170АIDBVT	1	62,00	62,00
STM32F103RET6 (LQFP64)	1	280,00	280,00
TRC-24VDC-SB-CD	2	60,00	120,00
Вилка MSTBO 2,5/4-G1L KMGY	3	98,29	294,88
Вилка MSTBO 2,5/4-G1R KMGY	1	98,29	98,29
Диод LL4148	3	1,18	3,54
Диод Шоттки MBRA340	1	6,75	6,75
Диод Шоттки PMEG2020AEA	1	23	23,00
Диод Шоттки SMAJ33CA-TR	2	20	40,00
Диодный мост MB10S-TP	1	4,30	4,30
Дроссель LQH5BPN100M38K	1	4,8	4,80
Конденсатор КТ-35В-3,3 мкФ 20% "В"	1	14	14,00
Микросхема ADUM1301ARW	1	78,00	78,00

Продолжение таблицы 7.10

B2403S-1WR2	1	230	230,00
Микросхема LM2840	1	230	230,00
Микросхема XTR111AIDRC	1	250	250,00
Мультиплексор ADG704	1	230	230,00
Резистор С2-33Н-0,5- 200 кОм ±5%-А-В-В	1	6	6,00
Резистор С2-33Н-0,5- 510 кОм ±5%-А-В-В	1	3	3,00
Стабилизатор TPS73133DBV	1	48	48,00
Стабилитрон 1N5359B	2	7,79	15,58
Стабилитрон BZV55C4V7	1	3	3,00
Стабилитрон BZV55C5V1	2	3	6,00
Стабилитрон BZV55C20	2	7	14,00
Транзистор BCX53-16	1	26	26,00
Транзистор IRLML2803	8	4,91	39,27
Транзистор IRLML6302	1	7	7,00
Транзистор PBSS304NZ	1	16,99	16,99
Чип конденсатор 0805 X7R 0,1 мкФ 10 % 50 В	12	0,17	1,98
Чип конденсатор 0805 X7R 22 мкФ 10 % 50 В	1	0,17	0,17
Чип конденсатор 0805 X7R 62 пФ 10 % 50 В	1	0,17	0,17
Чип конденсатор 0805 X7R 470 пФ 10 % 50 В	1	0,17	0,17
Чип конденсатор 0805 X7R 2700 пФ 10 % 50В	1	0,17	0,17
Чип конденсатор 0805 X7R 7500 пФ 10 % 50В	1	0,17	0,17
Чип конденсатор X7R-0,01 мкФ ± 10 % 50 В	1	0,17	0,17
Чип конденсатор X7R 1,1 мкФ ± 10 % 50 В	1	0,17	0,17

Продолжение таблицы 7.10

Чип конденсатор X7R 2200 мкФ ± 10 % 50 В	1	0,17	0,17
Чип резистор 0,125 1,54 кОм ±1 %	1	0,94	0,94
Чип резистор 0,125 1,02 кОм 5 %	1	0,94	0,94
Чип резистор 0,125 ,62 кОм 5 %	1	0,94	0,94
Чип резистор 0,125 8,2 Ом ± 1 %	1	0,83	0,83
Чип резистор 0805 0 Ом 1 %	1	0,06	0,06
Чип резистор 0805 1,3 МОм 5 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 1,3 кОм 1 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 1,5 кОм 1 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 1 МОм 0,1 %	2	0,08	0,17
Чип резистор 0805 1,2 кОм 1 %	2	0,15	0,31
Чип резистор 0805 3,9 кОм 5 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 3,3 кОм 5 %	2	0,15	0,31
Чип резистор 0805 5,1 МОм 5 %	1	0,08	0,08
Чип резистор 0805 5,6 кОм 5 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 6,2 МОм 5 %	1	0,08	0,08
Чип резистор 0805 6,8 МОм 5 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 9,1 кОм 1 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 1206 2 Ом 1 %	1	1,06	1,06
Чип резистор 0805 10 МОм 5 %	1	0,08	0,08
Чип резистор 0805 10 кОм 5 %	5	0,15	0,77
Чип резистор 0805 13 кОм 1 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 20 кОм 1 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 20,5 кОм 0,1 %	2	0,15	0,31
Чип резистор 0805 24 кОм 5 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 27 кОм 5 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 36 кОм 5 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 39 кОм 1 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 39 кОм 5 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 43 кОм 5 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 51 кОм 5 %	2	0,15	0,31
Чип резистор 0805 75 кОм 1 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 75 кОм 5 %	2	0,15	0,31
Чип резистор 2512 47 Ом 5 %	3	8,26	24,78

Продолжение таблицы 7.10

Чип резистор 0805 100 Ом 5 %	2	0,15	0,31
Чип резистор 0805 180 кОм 5 %	2	0,15	0,31
Чип резистор 0805 300 кОм 5 %	5	0,15	0,77
Чип резистор 0805 680 Ом 1 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 750 кОм 5 %	1	0,15	0,15
Чип конденсатор 0805 X7R 1 мкФ 10 % 50 В	4	0,17	0,66
Чип конденсатор 0805 X7R 4,7 мкФ 10 % 50 В	1	0,17	0,17
Чип конденсатор 0805 X7R 2,2 мкФ 10 % 50 В	1	0,17	0,17
UG-6448HLBEG03	1	359,02	359,02
ARL-5060RGB	1	6,99	6,99
Чип резистор 0805 390 кОм 5 %	1	0,15	0,15
Чип резистор 0805 3 кОм 5 %	3	0,15	0,46
Кнопка SWT-7	1	0,96	0,96
Транзистор IRLML2803	1	4,91	4,91
Заглушка	2	24,43	48,85
Плата ЦП	1	394,49	394,49
Плата индикации	1	54,45	54,45
Вилка штыревая	1	6,00	6,00
		ИТОГО ЗМАТ	3719,37

### 7.6.2 Расчет затрат на специальное оборудование

Под специальным оборудованием понимаются приборы, контрольно-измерительная аппаратура, стенды, устройства или механизмы, необходимые для проведения работ по разработке устройства. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат на специальное оборудование представлен в таблице 7.11.

Таблица 7.11 – Расчет затрат на специальное оборудование

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, р.	Общая стоимость оборудования, р.
1 ЭВМ	1	25500	25500
2 Источник питания постоянного тока	1	13600	13600
3 Генератор сигналов специальной формы	1	25850	25850
4 Программатор	1	10330	10330
Итого			52330
Сумма к амортизации			2633,3

На оборудование стоимостью более 20000 рублей накладываются амортизационные отчисления. Срок полезного использования генератора составляет 5 лет, а ЭВМ – 3 года. Рассчитаем амортизационные отчисления линейным методом:

$$Z_{\text{ГОД}} = Z_{\text{ЭВМ}} + Z_{\text{ГЕН}} = \frac{25500}{3} + \frac{25850}{5} = 17116,6 \text{ р} \quad (7.4)$$

Амортизационные отчисления на срок ведения проекта 8 недель:

$$Z_{\text{АМ}} = \frac{Z_{\text{ГОД}}}{52} \cdot 8 = \frac{17116,6}{52} \cdot 8 = 2633,3 \text{ р} \quad (7.5)$$

### 7.6.3 Расчет затрат на оплату труда

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (7.6)$$

где  $З_{\text{б}}$  – базовый оклад, р.;

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

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

$k_{\text{р}}$  – уральский районный коэффициент, равный 1,15.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (7.7):

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (7.7)$$

где  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года, равное 11,2 месяца при отпуске в 24 рабочих дня и для пятидневной недели;

$F_{\text{д}}$  – действительный годовой фонд рабочего времени.

Действительный годовой фонд рабочего времени показан в таблице 7.12.

Таблица 7.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Количество дней
1 Календарное число дней	365
2 Количество нерабочих дней	
2.1 Выходные дни	104
2.2 Праздничные дни	14
3 Потери рабочего времени	
3.1 Отпуск	24
3.2 Невыходы по болезни	5
Действительный годовой фонд рабочего времени	223

В таблице 7.13 приведен расчет затрат на основную заработную плату исполнителей проекта.

Таблица 7.13– Затраты на основную заработную плату

Исполнители	З <sub>б</sub> , р.	k <sub>пр</sub>	k <sub>р</sub>	З <sub>м</sub> , р.	З <sub>дн</sub> , р.	T <sub>к</sub> , дн.	З <sub>осн</sub> , р.
1 Руководитель	25000	1,67	1,15	48012,50	2411,39	11	26525,29
4 Дипломник	10000	2,00	1,15	23000,00	1155,15	40	46206
Итого							72731,29

В статью затрат на дополнительную заработную плату включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков, выплата вознаграждения за выслугу лет и т. п. Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12 % от основной заработной платы работников:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (7.8)$$

где k<sub>внеб</sub> – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, равный 35 %.

Полные затраты на оплату труда определяются выражением:

$$Z_{\text{полн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} + Z_{\text{внеб}}. \quad (7.9)$$

В таблице 7.14 приведен расчёт затрат на основную и дополнительную заработную плату.

Таблица 7.14 – Затраты на заработную плату

Исполнители	З <sub>осн</sub> , р.	З <sub>доп</sub> , р.	З <sub>внеб</sub> , р.	З <sub>полн</sub> , р.
1 Руководитель	26525,29	3183,04	10397,92	40106,25
4 Дипломник	46206	5544,72	18112,75	69863,47
Итого	72731,29	8727,76	28511,02	109970,07

#### **7.6.4 Оплата работ, выполняемых сторонними организациями**

В данной статье учитываются затраты на работы, которые выполняются сторонними организациями, в данном случае это изготовление печатной платы, которые заказываются в ООО «Резонит».

Так как с ООО «Резонит» налажено постоянное сотрудничество, а также в данном проекте будут использоваться платы, которые уже заказывались у данной организации, то их стоимость значительно ниже обычной рыночной стоимости. Их стоимость уже учтена, как комплектующие, поэтому в этом разделе мы их стоимость учитывать не будем.

#### **7.6.5 Накладные расходы**

К накладным расходам относят расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, знаний, сооружений и т.д. Накладные расходы обычно составляют от 70% до 90% от суммы основной с дополнительной заработной платы непосредственной участвующих в выполнении проекта работников. Накладные расходы вычисляются по формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (7.10)$$

где  $k_{\text{накл}}$  – коэффициент накладных расходов, принятый равным 0,8.

Затраты на накладные расходы составят:

$$C_{\text{накл}} = 0,8 \cdot (72731,29 + 8727,76) = 64167,24 \text{ р} \quad (7.11)$$

### 7.6.6 Расчет потребляемой электроэнергии

Основным потребляемым сырьем в данной научной разработке является потребление электроэнергии компьютером. Для расчета стоимости потребляемой электроэнергии необходимо знать потребляемую мощность компьютером, время работы и текущий тариф на электроэнергию (формула (7.12)).

$$C_{\text{ээ}} = 8 \cdot Д \cdot Т \cdot М, \quad (7.12)$$

где 8 – 8-часовой рабочий день;  
Д – продолжительность работ;  
Т – тариф на электроэнергию;  
М – мощность, потребляемая прибором.

Тариф на электроэнергию в г. Перми составляет 3,61 рубль за 1 кВт\*ч. Расчет стоимости электроэнергии представлен в таблице 7.15.

Таблица 7.15 – Используемая электроэнергия

Наименование прибора	Используемое время, ч.	Потребляемая мощность, кВт	Стоимость потребляемой электроэнергии
1 ЭВМ	320	0,98	1132,1
2 Источник питания постоянного тока	80	0,08	23,1
3 Генератор сигналов специальной формы	10	0,023	0,83
		ИТОГО:	1156,03

### 7.6.7 Расчет серийной себестоимости одой единицы продукции

В статью затрат на сырье, материалы и комплектующие включаются затраты на приобретение всех видов материалов, комплектующих изделий и полуфабрикатов, необходимых для производства датчика. Затраты по данной статье остаются такими же, как и в предыдущем пункте:  $Z_{\text{мат}} = 3719,37$  р.

Определим затраты на оплату труда. В таблице 7.16 приведена среднедневная заработная плата производственных рабочих и инженерно-технических работников, участвующих в изготовлении датчика.

Таблица 7.16 – Среднедневная заработная плата работников

Исполнители	$Z_{\text{б}}, \text{р.}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}, \text{р.}$	$Z_{\text{дн}}, \text{р.}$
1 Контрольный мастер ОТК	12000	0,80	0	1,15	11040	554,48
2 Монтажник РЭА	14500	1,00	0	1,15	16675	837,49
3 Слесарь-сборщик	10000	0,90	0	1,15	10350	519,82
4 Регулировщик РЭА	11800	0,80	0	1,15	10856	545,23
5 Инженер-метролог	10000	0,67	0	1,15	7705	386,98
6 Техник-наладчик	9600	0,67	0	1,15	7396,8	371,50

В таблице 7.17 приведен расчет затрат на основную заработную плату работников, задействованных в изготовлении одного контроллера расчетом на восьмичасовой рабочий день.

Таблица 7.17 – Затраты на основную заработную плату

Этап изготовления	Операция	Исполнитель	Время, мин	Затраты, р.
1 Изготовление платы датчика	Монтаж компонентов	Монтажник РЭА	120	209,37
	Промывка, сушка	Монтажник РЭА	1	1,74
	Контроль ОТК	Контрольный мастер ОТК	10	11,55
2 Сборка устройства	Сборка	Слесарь-сборщик	10	10,83
	Предварительная проверка	Слесарь-сборщик	20	21,66
3 Настройка	Регулировка, настройка	Регулировщик РЭА	30	34,08

Продолжение таблицы 7.17

4	Поверка	Метрологическая поверка	Инженер-метролог	10	8,06
5	Испытания	Испытания и технологический прогон	Инженер-метролог, техник-наладчик	10	15,80
Итого по статье $Z_{осн}$					313,09

В таблице 7.18 приведен расчёт затрат на основную и дополнительную заработную плату.

Таблица 7.18 – Затраты на заработную плату

Исполнители		$Z_{осн}, \text{ р.}$	$Z_{доп}, \text{ р.}$	$Z_{зп}, \text{ р.}$
1	Контрольный мастер ОТК	28,88	3,47	32,34
2	Монтажник РЭА	368,15	44,18	412,32
3	Слесарь-сборщик	43,32	5,20	48,52
4	Регулировщик РЭА	34,08	4,09	38,17
5	Инженер-метролог	16,12	1,93	18,06
6	Техник-наладчик	7,74	0,93	8,67
7	Итого по статье $Z_{зп}$	498,29	59,8	558,08

Определим по формуле (6.13) отчисления на социальные нужды:

$$Z_{внеб} = 0,35 \cdot (498,29 + 59,8) = 195,33 \text{ р.} \quad (7.13)$$

Тогда полные затраты на оплату труда составят:

$$Z_{от} = Z_{осн} + Z_{доп} + Z_{внеб} = 753,42 \text{ р.} \quad (7.14)$$

Амортизационные отчисления определяются в процентом соотношении от основной заработной платы. В среднем по отрасли, исходя из статических данных, они составляют 400 %. Следовательно, эти расходы составляют:

$$P_{ам} = Z_{осн} \cdot 0,4 = 1993,16 \text{ р.} \quad (7.15)$$

Определяем общепроизводственные расходы (оплата электроэнергии, коммуникации). В среднем по отрасли, исходя из статических данных, они составляют 300 % от основной заработной платы:

$$P_{пр} = Z_{осн} \cdot 0,3 = 1494,87 \text{ р.} \quad (7.16)$$

Производственная себестоимость датчика составит:

$$C_{пр} = Z_{мат} + Z_{от} + P_{ам} + P_{пр} = 7960,82 \text{ р.} \quad (7.17)$$

Так как стоимость платы входит в затраты на комплектующие:

$$C_{пол} = C_{пр} = 7960,82 \text{ р.} \quad (7.18)$$

Результат расчетов себестоимости единицы продукции представлен в таблице 7.19.

Таблица 7.19 – Определение себестоимости устройства

Наименование статьи затрат	Размер затрат, р.
Прямые материальные затраты (сырье, комплектующие)	3719,37
Основная заработная плата рабочих	498,29
Дополнительная заработная плата рабочих	59,8
Социальный налог	753,42
Амортизационные отчисления	1993,16
Общепроизводственные расходы	1494,87
Производственная себестоимость	7660,82
Полная себестоимость	7660,82

## 7.7 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 7.20 – Реестр рисков

Риск	Потенц. воздействие	Вер-сть наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Ур. риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
Отсутствие заинтересованных потребителей на момент завершения проекта	Финансовые проблемы из-за отсутствия спроса	1	4	Средний	Активный поиск заинтересованных потребителей	Изменение цен на рынке, появление более конкурентоспособного продукта
Преждевременное прекращение финансирования	Закрытие разработки	2	5	Высокий	Привлечение спонсоров	Ухудшение экономической обстановки в стране
Невыполнение проекта в срок	Штрафы, прекращение финансирования	3	2	Средний	Интенсивная работа, привлечение дополнительных рабочих сил для проекта, перераспределение обязанностей	Систематическое отставание разработки от установленных сроков

## **7.8 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

### **7.8.1 Оценка абсолютной эффективности исследования**

Горизонт расчёта проекта определяется временем на разработку контроллера и на его производство.

Для датчика вибрации можно определить длительность этапов:

- разработка внедрение в производство – 1 год.
- серийное производство – не менее 5 лет.

В итоге горизонт расчёта принимается равным 6 лет, а продолжительность шага расчёта – 1 год.

Замена контроллера в производстве произойдёт не менее чем через 5 лет. Однако предусматривается вероятность доработок контроллера и внедрение изменений в производственный процесс.

Запланированные показатели производства на следующие 5 лет отображены в таблице 7.21.

Таблица 7.21 – Запланированные показатели производства

Период расчета, год	1	2	3	4	5
Объём выпуска, шт	1000	1000	1000	1000	1000
Цена продажи (без НДС), р.	11491,23	12061,19	12659,43	13287,34	13946,39
Издержки, р.	7660,82	8040,79	8439,62	8858,22	9297,59

Цена продажи рассчитывается из себестоимости единицы продукции с добавлением прибыли в процентах. Предусматривается прибыль, равная 50 % от себестоимости. Величина издержек зависит от уровня инфляции в стране, который с начала 2016 года составляет 4,96 %.

В таблице 7.22 представлен план денежных потоков на период расчета.

Таблица 7.22 – План денежных потоков

Показатель, млн. р.	Номер шага (периода) расчета (t)					
	0	1	2	3	4	5
Выручка от реализации	0,000	11,677	13,084	14,661	16,427	18,407
НДС (18 %)	0,000	2,102	2,355	2,639	2,957	3,313
Выручка от реализации без НДС	0,000	9,575	10,729	12,022	13,471	15,094
Общие издержки	0,338	7,785	8,723	9,774	10,952	12,271
Прибыль от реализации	0,000	1,791	2,006	2,248	2,519	2,823
Налог на прибыль (24%)	0,000	0,430	0,482	0,540	0,605	0,678
Чистая прибыль	0,000	1,361	1,525	1,709	1,915	2,145
Денежный поток	-0,338	1,361	1,525	1,709	1,915	2,145

Чистый дисконтированный доход (ЧДД) – накопленный дисконтированный эффект за расчетный период. Дисконтирование представляет собой приведение доходов и расходов будущих периодов к текущему моменту с учетом временной стоимости денежных средств. Коэффициент дисконтирования ( $K_d$ ) определяется по формуле:

$$K_d = \frac{1}{(1 + E)^t}, \quad (7.19)$$

Где  $E$  – ставка дисконтирования за период, принятая равной 10 %;

$t$  – порядковый номер периода с начала реализации проекта.

Расчет чистого дисконтированного дохода приведен в таблице 23.

Таблица 7.23 – Расчет чистого дисконтированного дохода

Год	Денежный поток, млн. р.	$K_d$ при $E =$ 10 %	ЧДД, млн. р.	ЧДД с нарастающим итоном, млн. р.
0	-0,338	1,000	-0,338	-0,338
1	1,361	0,909	1,237	0,899
2	1,525	0,826	1,259	2,158
3	1,709	0,751	1,283	3,441

Продолжение таблицы 7.23

4	1,915	0,683	1,308	4,749
5	2,145	0,621	1,332	6,081

Из проведенных расчетов можно заключить, что после внедрения разработанного датчика вибрации в производство затраты на его разработку окупятся в течении первого года реализации. Это связано с наличием налаженной производственной линией на предприятии ООО НПП «ТИК». В данном расчете не учтены затраты на проведение сертификации датчика, а также возможные затраты на послепродажное обслуживание.

### 7.8.2 Оценка сравнительной эффективности разработки

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности разработки. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности получают в ходе оценки бюджета затрат нескольких вариантов. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета, с которым соотносится финансовые значения по всем вариантам исполнения. В качестве аналога разработки примем контроллера ТИК-PLC 112 производства ООО НПП «ТИК».

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (1)$$

где  $I_{\Phi}^p$  – интегральный финансовый показатель разработки;

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

$\Phi_{max}$  – максимальная стоимость исполнения. [10]

Интегральный финансовый показатель разработки:

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{11491,23}{30000} = 0,383. \quad (7.21)$$

Интегральный финансовый показатель аналога:

$$I_{\Phi}^a = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = 1. \quad (7.22)$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения можно определить следующим образом:

$$I_m^a = \sum_{i=1}^n a_i b_i^a, \quad (7.23)$$

$$I_m^p = \sum_{i=1}^n a_i b_i^p, \quad (7.24)$$

где  $I_m$  – интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов;

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

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го параметра для аналога и разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Результаты расчета интегрального показателя ресурсоэффективности представлены в таблице 7.24.

Таблица 7.24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения

Критерий	Весовой коэффициент	Текущий проект	Аналог
1 Функциональность	0,35	5	4
2 Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,30	5	4
3 Безопасность	0,25	5	3
4 Энергопотребление	0,1	4	4
Итого	1	4,9	3,75

Интегральный показатель эффективности разработки и аналога определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формулам:

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a} = \frac{3,75}{1} = 3,75, \quad (7.25)$$

$$I_{\text{финр}}^p = \frac{I_m^p}{I_{\text{ф}}^p} = \frac{4,9}{0,383} = 12,79 \quad (7.26)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} = \frac{12,79}{3,75} = 3,41. \quad (7.27)$$

Проведенные расчеты сведены в таблицу 7.25.

Таблица 7.25 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Аналог	Разработка
1 Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,383
2 Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,75	4,9

Продолжение таблицы 7.25

3 Интегральный показатель эффективности	3,75	12,79
4 Сравнительная эффективность вариантов исполнения	3,41	