

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**
 Отделение **электронной инженерии**

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка интерфейсного модуля передачи данных по шине CAN

УДК 004.324:621.431.73-52

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А8Б	Бояринцев Антон Эдуардович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Нестеренко Тамара Георгиевна	к.т.н.		

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Начальник сектора	Филонова Светлана Юрьевна	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кулагин Антон Евгеньевич	к.ф.-м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова Вероника Сергеевна	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности.

ОПК(У)- 2	Способен самостоятельно проводить экспериментальные исследования и использовать основные приёмы обработки и представления полученных данных.
ОПК(У)- 3	Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности.
ОПК(У)- 4	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности
ОПК(У)- 5	Способен разрабатывать алгоритмы и компьютерные программы, пригодные для практического применения
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
ПК(У)-2	Способен аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и наноэлектроники различного функционального назначения
ПК(У)-3	Способен выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
ПК(У)-4	Способен осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**
 Направление подготовки **11.03.04 Электроника и нанoeлектроника**
 Отделение школы **электронной инженерии**

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП

_____ В.С. Иванова
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
1А8Б	Бояринцев Антон Эдуардович

Тема работы:

Разработка интерфейсного модуля передачи данных по шине CAN	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	33-12/с от 02.02.2022

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – модуль передачи данных по шине CAN.</p> <p>Цель исследования – разработка модуля CAN на базе ЭРИ отечественного производства для проведения исследования возможности его применения в составе аппаратуры, эксплуатируемой в условиях космического пространства.</p> <p>Требования для разработки модуля:</p> <p>1 Модуль CAN должен представлять собой</p>
---	---

	<p>устройство, выполняющие информационное взаимодействие по шине CAN в соответствии с ГОСТ Р ИСО 11898.</p> <p>2 Адрес модуля CAN задаваться через перемычки во внешнем соединителе.</p> <p>3 Шина CAN должна быть резервирована.</p> <p>4 Скорость обмена – 500 кбит/с.</p> <p>5 Использовать идентификатор стандартного формата.</p> <p>6 Модуль CAN должен обеспечивать обмен данными по параллельному интерфейсу.</p> <p>7 Должна быть обеспечена возможность подключения аналоговых сигналов – 5 каналов.</p> <p>8 Электропитание модуля CAN осуществляется номиналами напряжений $(3,3 \pm 0,3)$ В и $(5,0 \pm 0,5)$ В.</p> <p>9 Программирование модуля CAN на этапе отработки программного обеспечения через интерфейс JTAG/SW.</p> <p>10 Модуль CAN должен иметь схемотехнические методы защиты от воздействия специальных факторов космического пространства.</p> <p>11 ЭРИ должны быть отечественного производителя.</p> <p>12 Требования к массе и габаритам не предъявляются.</p> <p>13 Нормальные климатические условия.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Литературный обзор интерфейсов передачи данных</p> <p>2 Разработка структурной схемы</p> <p>3 Разработка электрической принципиальной схемы</p> <p>4 Написание программного обеспечения для микроконтроллера</p> <p>5 Проектирование печатной платы</p> <p>6 Проектирование корпуса печатной платы</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>1 Схема электрическая принципиальная ФЮРА.465634.001ЭЗ</p> <p>2 Перечень элементов ФЮРА.465634.001ПЭЗ</p> <p>3 Чертеж печатной платы ФЮРА.465634.001</p>

	4 Сборочный чертеж печатной платы ФЮРА.465634.001СБ
	5 Спецификация печатной платы ФЮРА.465634.001СП
	6 Чертеж основания корпуса модуля ФЮРА.465634.002
	7 Чертеж крышки корпуса модуля ФЮРА.465634.003
	8 Сборочный чертеж корпуса модуля ФЮРА.465634.002СБ
	9 Спецификация корпуса модуля ФЮРА.465634.002СП

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов Маггерам Али оглы
Социальная ответственность	Авдеева Ирина Ивановна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

–

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.02.2022
---	------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Нестеренко Тамара Георгиевна	к.т.н.		05.02.2022
Начальник сектора	Филонова Светлана Юрьевна	-		05.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А8Б	Бояринцев Антон Эдуардович		05.02.2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа **Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности**

Направление подготовки **11.03.04 Электроника и наноэлектроника**

Уровень образования **бакалавриат**

Отделение школы **электронной инженерии**

Период выполнения _____ (осенний/весенний семестр 2021/2022 учебного года)

Форма представления работы:

бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы: _____

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.02.2022	Раздел 1. Литературный обзор	5
10.03.2022	Раздел 2. Разработка структурной схемы модуля	15
30.03.2022	Раздел 3. Разработка электрической принципиальной схемы модуля	15
21.04.2022	Раздел 4. Программное обеспечение и проверка его работоспособности	15
09.05.2022	Раздел 5. Проектирование печатной платы в среде Altium Designer	10
14.05.2022	Раздел 6. Проектирование корпуса для печатной платы	10
20.05.2022	Раздел 7. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	10
28.05.2022	Раздел 8. Социальная ответственность	10
14.06.2022	Оформление ВКР	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Нестеренко Тамара Георгиевна	к.т.н.		05.02.2022

Консультант (при наличии)

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Начальник сектора	Филонова Светлана Юрьевна	-		05.02.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова В.С.	к.т.н.		05.02.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
1А8Б		Бояринцев Антон Эдуардович	
Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

Тема ВКР:

Разработка интерфейсного модуля передачи данных по шине CAN

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение	<p><i>Объект исследования:</i> интерфейсный модуль передачи данных по шине CAN. <i>Область применения:</i> космические аппараты, движущийся транспорт, промышленная автоматика, объекты с контурным управлением. <i>Рабочая зона:</i> лаборатория. <i>Размеры помещения:</i> 6*12 м. <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> компьютер, отладочная плата, программатор, источник питания, осциллограф, адаптер PCAN-USB Pro FD. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> разработка программного обеспечения, контроль электрических параметров, контроль обмена данных по шине CAN.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения:	<p>Правовое обеспечение и организационные мероприятия согласно ГОСТ 12.4.299-2015 и ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022) Законодательные и нормативные документы по теме: 1) ГОСТ 12.2.032-78 2) ГОСТ 12.0.003-2015 3) ГОСТ 30494-2011 4) СанПиН 1.2.3685-21 5) СП 484.1311500.2020 6) ГОСТ Р 22.0.02-2016 7) ТИ Р М-075-2003 8) ГОСТ 12.1.019-2017 9) ГОСТ Р 55102-2012 10) НПБ 104-03 11) ГОСТ Р 52105-2003 12) ГОСТ 12.4.026-2015</p>
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:	<p>Вредные производственные факторы: - Недостаточная освещенность рабочей зоны; - Нестабильность микроклимата; - Психофизические факторы (умственное перенапряжение, монотонность труда, перенапряжение зрительного анализатора); - Повышенный уровень шума; - Повышенный уровень вибрации. Опасные факторы: - Поражение электрическим током; - Короткое замыкание; - Термические ожоги; - Статическое электричество. Требуемые средства коллективной и индивидуальной</p>

	<p>защиты от выявленных факторов: Антистатические браслеты, изоляция токоведущих частей, проводов путем нанесения на них диэлектрического материала, изоляция рабочего места, заземление или зануление корпусов электроустановок, автоматическое отключение электроустановок, перерывы в течение рабочего дня.</p>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: класс опасности отсутствует, воздействия на селитебную зону нет.</p> <p>Воздействие на литосферу: утилизация отходов при пайке, бытового мусора, отработавшего оборудования, макулатуры.</p> <p>Воздействие на гидросферу: оказывается вследствие смыва отходов после пайки, продукты жизнедеятельности персонала.</p> <p>Воздействие на атмосферу: выделение паров тяжелых металлов при проведении паяльных работ.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения:</p>	<p>Возможные ЧС: пожар, взрыв, внезапное обрушение зданий и сооружений, метеорологические и агрометеорологические опасные явления. Наиболее типичная ЧС: возникновение пожара. Профилактические мероприятия и требования к безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Проверка исправности и работоспособности автоматической пожарной сигнализации, состояние эвакуационных путей и выходов. - Использование первичных средств пожаротушения (огнетушители, пожарные краны, песок, асбестовые одеяла, пожарные щиты); - Обеспечение средствами индивидуальной защиты; - Проведение практических тренировок по эвакуации работников.
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	
	04.02.2022

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		04.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А8Б	Бояринцев Антон Эдуардович		04.02.2022

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

Студенту:

Группа	ФИО
1А8Б	Бояринцев Антон Эдуардович

Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение школы (НОЦ)	Отделение электронной инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	11.03.04 «Электроника и наноэлектроника»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Затраты на выполнение ВКР включают себя затраты на сырье, материалы, комплектующие изделия, специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ, основную и дополнительную заработную платы исполнителей, отчисления на социальные нужды, накладные расходы. В реализации проекта задействованы три человека: научный руководитель от университета, научный руководитель от предприятия «НПЦ «Полус», инженер (студент).
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Премиальный коэффициент 30%; Доплаты и надбавки 20%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 30%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	27,1% отчислений на уплату во внебюджетные фонды

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета затрат на НИ.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	04.02.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов Магеррам Али оглы	д.э.н		04.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А8Б	Бояринцев Антон Эдуардович		04.02.2022

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 79 страниц, 20 рисунков, 22 таблицы, 24 источника, 12 приложений.

Ключевые слова: модуль передачи данных, интерфейс CAN, средство радиационной защиты, тяжелые заряженные частицы, обмен данными.

Целью работы является разработка интерфейсного модуля передачи данных по шине CAN.

В процессе исследования проведена разработка электрической принципиальной схемы интерфейсного модуля передачи данных по шине CAN, обоснован выбор ЭРИ, написано программное обеспечение для обмена данными по шине CAN и формирования тактового сигнала для схемы радиационной защиты модуля, проверена работоспособность программного обеспечения.

В результате исследования были получены: электрическая принципиальная схема интерфейсного модуля, 3D-модель печатной платы, 3D-модель корпуса модуля, исходный код программного обеспечения для обмена данными по шине CAN и формирования тактового сигнала, проверена работоспособность программного обеспечения.

Разрабатываемое устройство создавалось под выполнение узкого спектра задач. Одной из таких задач является разработка экспериментального образца модуля для проведения лабораторно-отрабочных испытаний в составе макета устройства управления двигателя-маховика.

В будущем планируется провести макетирование, проверить работу схемы защиты, оценить полученные: массу, габариты, мощности потребления, а также реализовать перепрограммирование микроконтроллера через шину CAN.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).

ГОСТ 12.2.032-78 Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

ТИ Р М-075-2003 Межотраслевая типовая инструкция по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником.

СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.

СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания.

ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 31319-2006 Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах.

ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.

ГОСТ 17.1.3.13-86 Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения.

ГОСТ Р 55102-2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутисодержащих устройств и приборов.

ГОСТ Р 52105-2003 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения.

ГОСТ Р 55090-2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги.

ГОСТ Р 22.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения.

ГОСТ Р 22.0.02-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения.

ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

СП 484.1311500.2020 Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования.

НПБ 104-03 Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях.

СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Одиночный сбой – инверсия логического состояния ячейки памяти или триггера.

Одиночное функциональное прерывание (функциональный сбой) – инверсия логического состояния ячейки памяти или триггера управления, приводящая к нарушению хода выполнения программы.

Тиристорный эффект – это один из видов локального радиационного эффекта в изделиях полупроводниковой электроники, проявляющийся в резком увеличении тока потребления и потере функционирования изделия, при дальнейшем его развитии приводящий к катастрофическому (необратимому) отказу изделия.

Резервирование – метод повышения характеристик надежности технических устройств посредством включения запасных элементов и связей, дополнительных по сравнению с минимально необходимым для выполнения заданных функций в данных условиях работы.

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

СРЗ – средство радиационной защиты

САПР – система автоматизированного проектирования

МК – микроконтроллер

БС – блок синхронизации

КА – космический аппарат

ОП – отечественное производство

КП – космическое пространство

ТЗЧ – тяжелые заряженные частицы

ПП – печатная плата

ЭРИ – электрорадиоизделия

ВЭП – высокоэнергетические протоны

ИМС – интегральные микросхемы

ПО – программное обеспечение

Адрес ОУ – адрес оконечного устройства

Оглавление

Введение.....	19
1 Литературный обзор	21
1.1 Функциональная схема сети стандарта CAN.....	21
1.2 Сравнение интерфейса CAN с существующими аналогами	22
2 Разработка структурной схемы модуля	24
3 Разработка электрической принципиальной схемы модуля.....	26
4 Программное обеспечение и проверка его работоспособности.....	30
5 Проектирование печатной платы в среде Altium Designer	36
6 Проектирование корпуса для печатной платы.....	38
7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение... 40	
7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	40
7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	40
7.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	41
7.1.3 Технология QuaD	43
7.1.4 SWOT-анализ.....	45
7.2 Планирование научно-исследовательских работ	47
7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	47
7.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	48
7.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	49
7.2.4 Бюджет научно-технического исследования	51
7.2.4.1 Расчет материальных затрат НИИ.....	51
7.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	52
7.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	53
7.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей	55
7.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	55
7.2.4.6 Накладные расходы	56
7.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	57

7.3	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	57
8	Социальная ответственность.....	61
8.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	61
8.1.1	Правовые нормы трудового законодательства	61
8.1.2	Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны	62
8.2	Производственная безопасность	62
8.2.1	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	64
8.2.2	Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	65
8.2.3	Психофизические факторы	65
8.2.4	Повышенный уровень шума	66
8.2.5	Повышенный уровень вибрации	67
8.2.6	Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под воздействие которого попадает работающий	68
8.2.7	Производственные факторы, связанные с повышенным образованием электростатических зарядов на рабочем месте.....	68
8.2.8	Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека	69
8.3	Экологическая безопасность.....	70
8.3.1	Влияние на селитебную зону	70
8.3.2	Влияние на атмосферу	70
8.3.3	Влияние на гидросферу	70
8.3.4	Влияние на литосферу	71
8.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	72
	Вывод по разделу	74
	Заключение	75
	Список используемых источников.....	76
	Приложение А Схема электрическая принципиальная	80
	Приложение Б Перечень элементов	82

Приложение В Код программы для микроконтроллера	85
Приложение Г Чертеж печатной платы	89
Приложение Д Сборочный чертеж печатной платы	91
Приложение Е Спецификация печатной платы	93
Приложение Ж Чертеж основания корпуса модуля	97
Приложение И Чертеж крышки корпуса модуля.....	99
Приложение К Сборочный чертеж корпуса модуля	101
Приложение Л Спецификация корпуса модуля.....	103
Приложение М Календарный план-график проведения НИОКР	105
Приложение Н Материальные затраты.....	107

Введение

С начала наступления космической эры прошло более полвека, за это время человеком были запущены тысячи больших и малых космических аппаратов разнообразного целевого назначения. С каждым годом совершенствуется наземные и бортовые вычислительные системы вследствие усложнения космической техники и задач, решаемых с ее применением. Среди множества задач систем управления, можно выделить обработку информации, принятие решений и формирование команд управления. Взаимодействие периферийных устройств космического аппарата с бортовой вычислительной системой осуществляется по цифровым или аналоговым шинам передачи данных. Одной из наиболее распространённых и отработанных является шина CAN.

Российские микроконтроллеры, как показывает обзор каталогов производителей микросхем, имеют в своем составе встроенные контроллеры шины CAN и flash-память. Преимуществами применения таких МК являются габаритные размеры, масса, следовательно, меньшие массогабаритные характеристики печатной платы. Встроенная flash-память в будущем потребуется для реализации функции перепрограммирования.

Стойкость к воздействию ТЗЧ flash-памяти в режиме записи и стирания при эксплуатации на орбите низкая. Следовательно, и стойкость МК со встроенной flash-памятью будет низкая. Для защиты микросхем от воздействия специальных факторов космического пространства необходимо применять схемотехнические методы защиты. С одной стороны, можно разработать уникальную схему защиты собственной разработки, а с другой применить готовое решение, например, микросхему типа 1469ТК035. Как известно, при воздействии ТЗЧ или ВЭП на интегральную микросхему могут наблюдаться отдельные радиационные эффекты отказов или сбоя в работе МК. Наиболее важным и вероятным является тиристорный эффект, проявляющийся через потерю работоспособности ИМС и резкое увеличение

тока потребления по цепи питания. В этом случае ИМС включается подобно тиристор (паразитная р-п-р-п структура) по выводам «питание» - «земля». Работоспособность ИМС может быть восстановлена, если сразу же после возникновения защелкивания кратковременно снять с нее питание. В противном случае может «выгореть» эта ИМС или источник питания. Поэтому развитие катастрофического отказа можно избежать посредством контроля тока потребления защищаемых ИМС и кратковременного снятия питания при значительном его увеличении. Одиночные сбои, функциональные сбои, вызывающие зависание в работе ПО, можно устранить благодаря контролю сторожевым таймером.

В данной работе представлена разработка модуля информационного обмена по шине CAN. Преимуществом данной разработки является использование ЭРИ отечественного производства и средства радиационной защиты.

1 Литературный обзор

В данном разделе проведем обзор функциональной схемы сети стандарта CAN и сравнение интерфейса CAN с другими существующими аналогами, применяемыми в КА, такими как RS-485, MIL-STD-1553.

1.1 Функциональная схема сети стандарта CAN

Типовая функциональная схема на физическом уровне сети стандарта CAN включает шину, приемопередатчики, контроллеры, расширители ввода-вывода (рисунок 1).

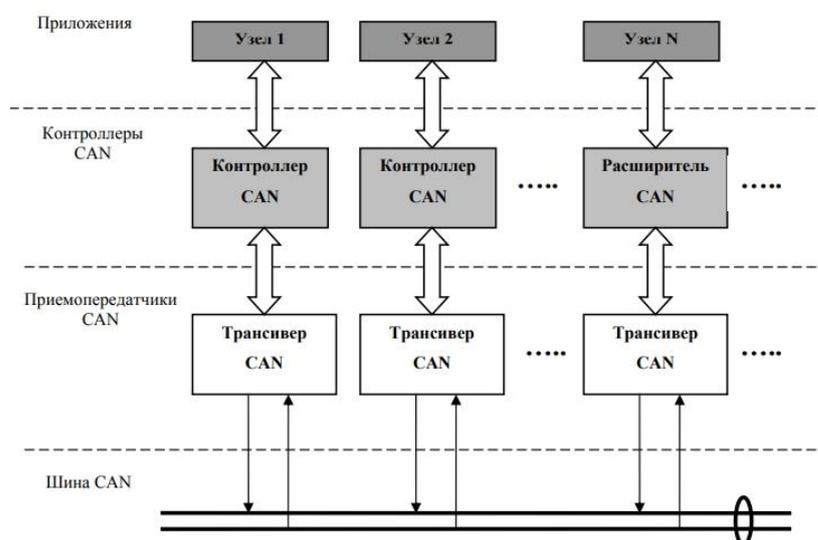


Рисунок 1 – Типовая функциональная схема сети стандарта CAN

Приемопередатчик CAN осуществляет двухсторонний обмен информацией по шине CAN в полудуплексном режиме.

Контроллер CAN отправляет, принимает информацию и взаимодействует с периферийным оборудованием узла связи. Он содержит в себе контроллер CAN-протокола, память для отправленных и принятых сообщений, формирователь сигналов прерывания для микроконтроллеров, АЦП, ЦАП, макси и фильтры для определенного типа сообщений или приоритетов.

Расширитель ввода/вывода CAN служит для взаимодействия с датчиками и индикаторными устройствами.

Узел CAN – группа, связанная с сетью передачи данных и имеющая возможность взаимодействия по сети в соответствии с параметрами протокола связи. Протокол – формальный набор соглашения или правил информационного обмена между узлами.

Шина CAN представляет собой витую пару из двух проводников – CAN-H и CAN-L, зашунтированных резисторами 120 Ом в крайних точках. Высокий уровень сигнала (3,6 В) на линии CAN-H и низкий уровень (1,4 В) на линии CAN-L соответствует логическому 0, определяющимся как доминантное состояние. Равные напряжения на обеих линиях соответствуют логической 1, являющимся как рецессивное состояние. Уровни сигналов на CAN-шине представлены на рисунке 2 [1].

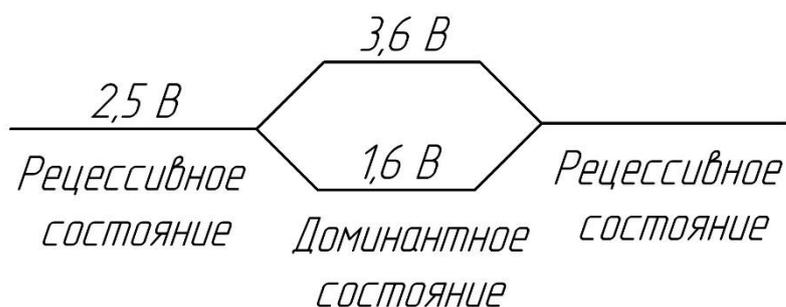


Рисунок 2 – Уровни сигналов на шине CAN

1.2 Сравнение интерфейса CAN с существующими аналогами

Сперва сравним интерфейсы CAN и RS-485. В отличие от RS-485, CAN кроме определения физической среды связи, обнаруживает ошибки, обеспечивает все механизмы адресации пакетов данных, а также целостность данных во всех узлах сети. Обнаружение ошибок достигается путем сравнения передатчиками переданных уровней битов с уровнями на шине, побитовым заполнением, а также проверкой кадра сообщения. Более детальные отличия CAN и RS-485 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнение CAN и RS-485

	CAN	RS-485
Максимальная скорость передачи	1 Мбит/сек	10 Мбит/сек
Максимальная длина шины (при 100 Кбит/сек)	1600 м	1200 м
Максимальное количество данных в кадре	8 байт	Не ограничено
Поддерживаемые правила арбитража шины	Multimaster (многomasетерный) и все его производные, например, Master/Slave или «кольцо с маркерным доступом»	Master/Slave (ведущий/ведомый) или «кольцо с маркерным доступом»

Далее сравним интерфейсы CAN и MIL-STD-1553B. Требования к данным стандартам регламентируются согласно ГОСТ Р ИСО 11898-1-2015 [2], ГОСТ Р ИСО 11898-2-2015 [3] и ГОСТ Р 52070-2003 [4]. Стандарт MIL-STD-1553B разработан минобороны США и имеет на физическом уровне передачу информации по витой паре, имеющей сопротивление 75 Ом.

Стоит отметить, что на малых космических аппаратах часто применяют CAN, потому что энергопотребление при обмене по данной шине ниже чем по MIL-STD-1553B, у шины CAN есть режим мультимастера, а также для неё не требуется гальваническая развязка. Более подробное сравнение представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Сравнение CAN и MIL-STD-1553B

	CAN	MIL-STD-1553B
Максимальная скорость передачи	1 Мбит/сек	1 Мбит/сек
Максимальное количество данных в кадре	8 байт	32 байт
Частота следования импульсов	1 МГц	1 МГц

7 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Целью данного раздела является оценка конкурентоспособности разрабатываемого интерфейсного модуля передачи данных по шине CAN.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования;
- Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- Планирование научно-исследовательских работ;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

7.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Тема научно-исследовательской работы – разработка интерфейсного модуля передачи данных по шине CAN. Данный модуль предназначен для обеспечения формирования сообщения, его идентификации, а также передачи данных, осуществления побитовой синхронизации, обнаружения и исправления ошибок.

Разрабатываемый модуль создавался под выполнение узкого спектра задач. Одной из таких задач является разработка экспериментального образца модуля для проведения лабораторно-отрабочных испытаний в составе

макета устройства управления двигателя-маховика. Основным планируемым потребителем является государство. Однако итоговый продукт может иметь более широкое применение. Благодаря надежности, низкому энергопотреблению и универсальности технологии оно может использоваться в промышленной автоматике, объектах с контурным управлением и космических аппаратах.

Сегментирование рынка проводится по размеру компании-заказчика и сфере использования. В таблице 4 приведена карта сегментирования рынка для разрабатываемого интерфейсного модуля передачи данных по шине CAN.

Таблица 4 – Карта сегментирования рынка услуг

Предназначение разрабатываемого модуля		Размер предприятия		
		Крупное	Среднее	Малое
Сфера использования	Промышленная автоматика			
	Объекты с контурным управлением			
	Космические аппараты			

Как видно из таблицы 4, потенциальными потребителями являются промышленные предприятия среднего и малого размера, а также государство.

7.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений целесообразно проводить, с помощью оценочной карты, которая приведена в таблице 5.

Данный анализ позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

В качестве конкурирующих разработок были выбраны: интерфейс передачи данных на основе стандарта RS-485, обозначенный в карте как Б_{к1} и MIL-STD-1553, обозначенный в карте как Б_{к2}.

Таблица 5 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Безопасность	0,05	5	4	4	0,25	0,2	0,2
2. Надежность	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
3. Энергопотребление	0,02	5	4	4	0,1	0,08	0,08
4. Удобство в эксплуатации	0,02	4	5	4	0,08	0,1	0,08
5. Универсальность технологии	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
6. Помехозащищенность	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
7. Максимальная скорость передачи	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
8. Максимальное количество данных в кадре	0,1	5	3	5	0,5	0,3	0,5
9. Частота следования импульсов	0,05	4	3	5	0,2	0,15	0,25
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Цена	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,2	5	4	5	1	0,8	1
3. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	4	5	0,3	0,24	0,3
Итого	1	56	48	54	4,83	3,97	4,61

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле

(6):

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

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;
 V_i – вес показателя (в долях единицы);
 B_i – балл i -го показателя.

После проведения данного анализа можно сделать вывод, что данная разработка является конкурентоспособной. Стоит отметить, что разрабатываемый модуль имеет преимущество в безопасности, надежности, энергопотреблении и универсальности технологии.

7.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Показатели оценки качества и перспективности новой разработки подбираются исходя из выбранного объекта исследования с учетом его технических и экономических особенностей разработки, создания и коммерциализации.

В соответствии с технологией QuaD каждый показатель оценивается экспертным путем по стобальной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 100 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений представлена в таблице 6.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Макс. Балл	Относит. значение	Среднее значение
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,05	90	100	0,9	0,045
2. Помехозащищенность	0,09	90	100	0,9	0,081
3. Надежность	0,1	90	100	0,9	0,09
4. Унифицированность	0,05	80	100	0,8	0,04
5. Энергопотребление	0,1	90	100	0,9	0,09
6. Простота в эксплуатации	0,07	70	100	0,7	0,049
7. Срок службы	0,1	80	100	0,8	0,08
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
8. Конкурентоспособность продукта	0,02	70	100	0,7	0,014
9. Уровень проникновения на рынок	0,02	50	100	0,5	0,01
10. Перспективность рынка	0,04	50	100	0,5	0,02
11. Цена	0,1	90	100	0,9	0,09
12. Влияние выхода продукта на результаты деятельности компании	0,1	90	100	0,9	0,09
13. Финансовая эффективность разработки	0,09	90	100	0,9	0,081
14. Срок выхода на рынок	0,07	80	100	0,8	0,056
Итого	1				0,836

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле (7):

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i, \quad (7)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

$$P_{cp} = 0,836 \cdot 100 \% = 83,6, \quad (8)$$

Исходя из найденного показателя средневзвешенного значения качества и перспективности разработки можно сделать вывод о том, что перспективность данной разработки выше среднего. Поскольку данная разработка является узконаправленной, за счет улучшения характеристик и увеличения спроса на данную разработку, она может показать хорошие финансовые результаты.

7.1.4 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяется для исследования внешней и внутренней среды проекта. Для выполнения анализа, сформируем сильные и слабые стороны проекта, а также возможности и угрозы (таблица 7).

Таблица 7 – Матрица SWOT

Сильные стороны проекта	Слабые стороны проекта	Возможности	Угрозы
<p>С1. Высокая надежность устройства</p> <p>С2. Наличие требуемой компонентной базы и оборудования для написания ПО</p> <p>С3. Независимость от зарубежных производителей компонентной базы</p>	<p>Сл1. Высокая стоимость устройства</p> <p>Сл2. Невозможность предвидеть все риски</p>	<p>В1. Появление дополнительного спроса на продукт</p> <p>В2. Невысокая конкуренция внутри страны</p> <p>В3. Повышение стоимости продукции конкурентов</p>	<p>У1. Повышение стоимости на компонентную базу</p> <p>У2. Развитие технологий у конкурентов</p> <p>У3. Сбой в финансовом обеспечении проекта</p>

По построенной матрице (таблица 7) определим соответствия сильных и слабых сторон проекта внешним условиям. Для этого сформируем интерактивную матрицу проекта (таблица 8).

Таблица 8 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны			Слабые стороны	
		С1	С2	С3	Сл1	Сл2
Возможности проекта	В1	+	-	+	+	+
	В2	-	-	+	0	+
	В3	0	0	0	+	0
Угрозы проекта	У1	-	0	+	+	+
	У2	+	-	-	-	0
	У3	-	+	+	-	+

Далее составим итоговую матрицу SWOT-анализа (таблица 9).

Таблица 9 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта: С1. Высокая надежность устройства С2. Наличие требуемой компонентной базы и оборудования для написания ПО С3. Независимость от зарубежных производителей компонентной базы</p>	<p>Слабые стороны проекта: Сл1. Высокая стоимость устройства Сл2. Невозможность предвидеть все риски</p>
<p>Возможности: В1. Появление дополнительного спроса на продукт В2. Невысокая конкуренция внутри страны В3. Повышение стоимости продукции конкурентов</p>	<p>Небольшая конкуренция внутри страны позволит ускорить выход устройства на рынок и занять большую долю отечественного рынка. Наличие требуемой компонентной базы позволяет модернизировать проект, подстраивая его под современные условия.</p>	<p>Привлечение новых потребителей и заказчиков позволит ускорить выход на рынок. Повышение квалификации персонала позволит увеличить темп работы над проектом.</p>

Продолжение таблицы 9

<p>Угрозы: У1. Повышение стоимости на компонентную базу У2. Развитие технологий у конкурентов У3. Сбой в финансовом обеспечении проекта</p>	<p>Высокая надежность, безопасность и низкое энергопотребление способны снизить возможную конкуренцию устройства.</p>	<p>Повышение стоимости на компонентную базу вызовет рост цены устройства.</p>
---	---	---

7.2 Планирование научно-исследовательских работ

7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Составим перечень этапов и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 10).

Таблица 10 – Перечень этапов работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководители, студент
Выбор направления исследования	2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
	3	Проведение обзора существующих технических решений	Студент
	4	Выбор направления исследования	Руководители, студент

Продолжение таблицы 10

Выбор направления исследования	5	Календарное планирование по теме	Руководители, студент
Проектирование и разработка модуля	6	Построение структурной и функциональной схемы модуля	Студент
	7	Расчет и подбор необходимых электронных компонентов	Руководители, студент
	8	Построение электрической принципиальной схемы модуля	Студент
	9	Написание программного кода модуля	Студент
	10	Разработка 3D-модели модуля	Студент
	11	Разработка корпуса модуля	Студент
	12	Проверка работоспособности ПО	Студент
Обобщение и оценка результатов	13	Анализ полученных результатов	Руководители, студент
	14	Оценка эффективности полученных результатов	Руководители, студент
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	15	Составление пояснительной записки	Студент

7.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения работ оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, так как зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется формула (9):

$$t_{ож i} = \frac{3t_{мин i} + 2t_{макс i}}{5}, \quad (9)$$

где $t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{мин i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{макс i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p (формула (10)), учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ож i}}{Ч_i}, \quad (10)$$

где T_{pi} – продолжительность i -ой работы, раб. дн.;

$t_{ож i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

7.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

Необходимо длительность каждого этапов работ из рабочих дней перевести в календарные дни при помощи формулы (11):

$$T_{ки} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (11)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по формуле (12):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (12)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2022 год, количество календарных дней составляет 365 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных и праздничных – 118 дней.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48, \quad (13)$$

Временные показатели длительности выполнения каждой работы приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Временные показатели проведения научного исследования

Номер работы (таблица б)	Трудоемкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях, T_{pi}		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	t_{\min} , чел-дни		t_{\max} , чел-дни		$t_{ож\ i}$, чел-дни							
	Р	С	Р	С	Р	С	Р	С	Р	С	Р	С
1	5	5	10	10	7	7	+	+	7	7	9	9
2	0	5	0	10	0	7	-	+	0	7	0	9
3	0	10	0	15	0	12	-	+	0	12	0	15
4	3	3	7	7	5	5	+	+	5	5	6	6
5	3	3	7	7	5	5	+	+	5	5	6	6
6	0	4	0	7	0	5	-	+	0	5	0	6
7	5	5	10	10	7	7	+	+	7	7	9	9
8	0	5	0	10	0	7	-	+	0	7	0	9
9	0	5	0	10	0	7	-	+	0	7	0	9
10	0	10	0	15	0	12	-	+	0	12	0	15
11	0	3	0	5	0	4	-	+	0	4	0	5
12	0	3	0	5	0	4	-	+	0	4	0	5
13	3	3	7	7	5	5	+	+	5	5	6	6
14	3	3	7	7	5	5	+	+	5	5	6	6
15	0	7	0	21	0	12	-	+	0	12	0	15
Итого	22	74	48	146	34	104			34	104	42	130

Р – Руководители; С – Студент;

По полученным результатам (таблица 11) построим календарный план-график проведения научно-исследовательского проекта с разбивкой по

месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования (приложение М). Работы на графике выделены различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

7.2.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;
- накладные расходы.

7.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле (14):

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (14)$$

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

$N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы были установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями поставщиками). Материальные затраты представлены в приложении Н.

7.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Данный пункт включает в себе все затраты на специальное оборудование, необходимое для проведения работ по научно-техническому исследованию. Так как новое оборудование не закупалось, в виду того, что все необходимое уже имеется в наличии, необходимо произвести расчет амортизации основных производственных фондов. Для расчета амортизации необходимо использовать формулу расчет линейного метода начисления амортизации основных средств (ОС) (15):

$$A = \frac{\text{Стоимость ОС} \cdot \text{Норма амортизации}}{100\%}. \quad (15)$$

Затраты на специальное оборудование для научно-технического исследования представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

Наименование оборудования	Стоимость оборудования, руб.	Норма амортизации	Срок службы оборудования, год	Амортизация ежемесячная, руб./мес.
Компьютер	40000	20	5	667
Программатор	45000	10	10	375
Отладочная плата	50000	10	10	417
Источник питания	100000	10	10	833
Паяльная станция	10000	6,67	15	56

Продолжение таблицы 12

Цифровой осциллограф MSOX2024A (Keysight Technologies)	300000	10	10	2500
Адаптер PCAN-USB Pro FD	36000	10	10	300
Итого в месяц				5148
Итого за период исследования (5 месяцев)				25740

7.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет основной заработной платы работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату осуществляется по формуле (16):

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (16)$$

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

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по формуле (17):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (17)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (18):

$$Z_{дн} = \frac{Z_M \cdot M}{F_d}, \quad (18)$$

где Z_M – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дня $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 13).

Таблица 13 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель от университета	Руководитель от предприятия	Инженер
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней			
- выходные дни	52	52	52
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени	48	24	48
- отпуск	6	6	6
- невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	245	269	245

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле (19):

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (19)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (примем данный коэффициент равным 0,2);

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 12.

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель от университета	Доцент, к.т.н.	33664	0,3	0,2	1,3	65644	2786	34	94724

Продолжение таблицы 14

Руководитель от предприятия	Начальник сектора	34000	0,3	0,2	1,3	66300	2760	34	93840
Инженер	-	22000	0,3	0,2	1,3	42900	1821	104	189384
Итого $Z_{осн}$									377948

7.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей

Дополнительная заработная плата вычисляется по формуле (20):

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (20)$$

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

Расчет дополнительной заработной платы приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	$k_{доп}$	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель от университета	94724	0,15	14208
Руководитель от предприятия	93840	0,15	14076
Инженер	189384	0,15	28407
Итого $Z_{доп}$			56691

7.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы (21):

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (21)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Отчисление во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Общая заработная плата, руб.
Руководитель от университета	94724	14208	108932
Руководитель от предприятия	93840	14076	107916
Инженер	189384	28407	217791
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды			0,271
Итого			117787

7.2.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле (22):

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (22)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы (возьмем в размере 16%).

$$\begin{aligned} З_{накл} &= (47224 + 25740 + 377948 + 56691 + 117787) \cdot 0,16 = \\ &= 100062. \end{aligned} \quad (23)$$

7.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

В данном пункте сформирован бюджет научно-исследовательского проекта (таблица 17).

Таблица 17 – Расчет бюджета НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	47224	Пункт 5.2.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	25740	Пункт 5.2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	377948	Пункт 5.2.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	56691	Пункт 5.2.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	117787	Пункт 5.2.4.5
6. Накладные расходы	100062	16 % от суммы ст. 1 – 5
7. Бюджет затрат НИИ	725452	Сумма ст. 1 – 6

7.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения. Интегральный финансовый показатель разработки определяется по формуле (24).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (24)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;
 Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;
 Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля). Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить по формуле (25).

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (25)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта представлена в таблице 18.

Таблица 18 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
1. Способствует росту производительности труда	0,1	4	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4

Продолжение таблицы 18

3. Надежность	0,2	5	5
4. Энергосбережение	0,2	5	4
5. Стойкость к воздействию специальных факторов	0,2	5	4
6. Материалоемкость	0,15	5	5
Итого	1	28	26

В качестве исп. 1 принят вариант модуля, описанный в данной дипломной работе, в качестве исп. 2 примем модуль, аналогичный исп. 1, с использованием микросхемы 1469ТК015, вместо 1469ТК035.

Таким образом, показатель эффективности равен:

$$I_{p-исп1} = 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 = 4,9. \quad (26)$$

$$I_{p-исп2} = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 = 4,35. \quad (27)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки для двух вариантов исполнения:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}} = \frac{4,9}{1} = 4,9, \quad (28)$$

$$I_{финр}^{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.1}} = \frac{4,35}{1} = 4,35, \quad (29)$$

Сравнительная эффективность проекта определяется по формуле (30).

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}, \quad (30)$$

Тогда для 1 и 2 исполнений сравнительная эффективность равна:

$$\mathcal{E}_{ср1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{4,9}{4,35} = 1,13, \quad (31)$$

$$\mathcal{E}_{ср2} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.1}} = \frac{4,35}{4,9} = 0,89, \quad (32)$$

Сравнительная эффективность разработки приведена в таблице 19.

Таблица 19 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатель	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,9	4,35
3	Интегральный показатель эффективности	4,9	4,35
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,13	0,89

Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что предпочтительным для сборки рабочего макета модуля является первый вариант исполнения, так как данный вариант исполнения является наиболее надежным и ресурсоэффективным.

В рамках раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были проведены исследование и анализ научного проекта на конкурентоспособность, временные и финансовые затраты и различные виды эффективности. В результате определены уровень конкурентоспособности на рынке, время выполнения проекта, стоимость материалов и оборудования, зарплата работников. Таким образом, рассчитана полная стоимость научного исследования в рамках ВКР, также определён самый эффективный вариант исполнения научной разработки (исп.1), который был выбран в качестве основного.

8 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа направлена на разработку интерфейсного модуля передачи данных по шине CAN. CAN – промышленный стандарт сети, позволяющий объединить в единую сеть различные узлы, датчики и механизмы.

Разработка модуля предполагает проектирование, моделирование модуля, создание для него программного обеспечения.

8.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

8.1.1 Правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ N 197-ФЗ работник лаборатории название предприятия «НПЦ «Полюс» имеет право на:

- Рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- Обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- Отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требования охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- Обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- Внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра [6].

8.1.2 Эргономические требования к правильному расположению и компоновке рабочей зоны

Рабочее место в лаборатории 8 отдела предприятия «НПЦ «Полюс» должно соответствовать требованиям, указанным в ГОСТ 12.2.032-78.

Рабочее место должно занимать площадь не менее 4,5 м², а высота помещения не должна быть не менее 4 м, а объем – не менее 20 м³ на одного человека. Высота над уровнем пола рабочей поверхности, за которой работает оператор, должна составлять 750 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно иметься пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. При работе за ПК удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами и экраном монитора должно составлять 40 – 80 см. Так же рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество. Рабочий стул должен иметь дизайн, исключаящий онемение тела из-за нарушения кровообращения при продолжительной работе на рабочем месте [7].

Данное рабочее место в лаборатории 8 отдела предприятия «НПЦ «Полюс» соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

8.2 Производственная безопасность

Для выбора потенциально возможных вредных и опасных факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов представлен в таблице 20 [8].

Таблица 20 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте *Лаборатория*

Факторы (ГОСТ 12.0.003 – 2015)	Нормативные документы
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	Требования к освещению устанавливаются СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего	Требования к условиям микроклимата в рабочей лаборатории устанавливаются СанПиН 1.2.3685-21
Психофизические факторы (умственное перенапряжение, монотонность труда, перенапряжение зрительного анализатора)	Требования к условиям труда устанавливаются Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022)
Повышенный уровень шума	Требования к допустимому уровню шума на рабочем месте устанавливаются ГОСТ 12.1.003-2014 Шум. Общие требования безопасности
Повышенный уровень вибрации	Требования к допустимому уровню вибрации на рабочем месте устанавливаются ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под воздействие которого попадает работающий	Требования к защите от воздействия электрическим током устанавливаются ГОСТ 12.1.019-2017 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты

Продолжение таблицы 20

Производственные факторы, связанные с повышенным образованием электростатических зарядов на рабочем месте	Требования к защите от электростатического электричества устанавливаются ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление
Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека	Требования к пайке устанавливаются ТИ Р М-075-2003 Межотраслевая типовая инструкция по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником

8.2.1 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

В 8 отделе предприятия «НПЦ «Полюс» имеется естественное и искусственное освещение. Рабочие столы размещены таким образом, чтобы мониторы ПК были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Для рабочего места с паяльной станцией предусмотрено как естественное освещение, так и искусственное освещение (светильники с непросвечивающими отражателями). Светильники расположены таким образом, чтобы их святающие элементы не попадали в поле зрения работников. Устройство для крепления светильников местного освещения обеспечивает фиксацию светильника во всех необходимых положениях. Подводка электропроводов к светильнику находится внутри устройства. Открытая проводка не допускается [9].

Согласно СП 52.13330.2016, освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300 - 500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк [10].

Рабочее место в лаборатории 8 отдела предприятия «НПЦ «Полюс» соответствует требуемым нормам.

8.2.2 Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего

Согласно СанПиН 1.2.3685-21, лаборатория 8 отдела предприятия «НПЦ «Полюс» относится к категории Ib. В ней производятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч (140-174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и незначительным физическим напряжением.

Для соответствия допустимым параметрам микроклимата на рабочих местах в лаборатории 8 отдела предприятия «НПЦ «Полюс» используется водяное отопление в холодное время года, а в теплое применяется кондиционирование воздуха, также проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работ.

Проанализировав требования, способы создания и поддержания необходимых условий, можно сделать вывод о том, что рабочее место сотрудника лаборатории 8 отдела «НПЦ «Полюс» соответствует требованиям СанПиН 1.2.3685-21.

8.2.3 Психофизические факторы

Работа за компьютером монотонна и сопровождается высокой концентрацией, напряжением зрительного анализатора. Кроме того, сотрудник находится большую часть своего рабочего времени в сидячем положении и выполняет умственную работу, это в свою очередь негативно сказывается на его нервной системе и психическое самочувствие.

Согласно ч. 1 ст. 108 ТК РФ в течение рабочего дня (смены) работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Правилами внутреннего трудового распорядка или трудовым договором может быть предусмотрено, что указанный перерыв может не предоставляться работнику, если установленная для него продолжительность ежедневной работы (смены) не превышает четырех часов [6].

В целях борьбы с монотонным трудом рекомендуется чередовать трудовую деятельность в течение рабочего дня (смены).

8.2.4 Повышенный уровень шума

При работе с ПК в лаборатории 8 отдела предприятия «НПЦ «Полюс» характер шума – широкополосный с непрерывным спектром более 1 октавы [11]. Предельно допустимые уровни звукового давления представлены в таблице 21.

Таблица 21 – Предельно допустимые уровни звукового давления, уровни звука и эквивалентные уровни звука для основных наиболее типичных видов трудовой деятельности и рабочих мест

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звукового давления, дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука (в дБА)
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Научная деятельность, конструирование, врачебная деятельность	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Источником шума может быть работающая вытяжка, кондиционер, ПК. К способам защиты можно отнести: устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике, применение звукоизоляции,

звукопоглощения, демпфирования и глушителей шума (активных, резонансных, комбинированных) и прочее.

В лаборатории 8 отдела предприятия «НПЦ «Полюс» были проведены измерения уровня шума с помощью шумомера. Уровень шума не превышает предельно допустимых норм в 50 дБА для выполнения заданной работы в соответствии с ГОСТ 12.1.003-2014 [12].

8.2.5 Повышенный уровень вибрации

При разработке модуля используется ПК, паяльная установка. Источником вибрации может быть работающая вытяжка, вентилятор в ПК.

Основными методами борьбы с вибрацией являются:

- Уменьшение вибрации с помощью средств виброизоляции и вибропоглощения (резиновые, поролоновые настилы, мастики);
- Установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты;
- Применение виброгасящих средств индивидуальной защиты (сидения, коврики, ботинки);
- Устранение пребывания сотрудников вблизи с вибрирующим оборудованием путем использования дистанционного управления (промышленные роботы, автоматизация);
- Своевременный плановый ремонт машин и оборудования, проверка крепления к фундаменту.

Исходя из технической документации установленного оборудования в лаборатории 8 отдела предприятия «НПЦ «Полюс» можно сделать вывод, что вибрационная обстановка не превышает предельно допустимых норм для выполнения заданной работы в соответствии с ГОСТ 31319-2006 (ЕН 14253:2003) [13].

8.2.6 Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под воздействие которого попадает работающий

Основными причинами электротравматизма являются:

- Прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
- Прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;
- Ошибочное включение электроустановки или несогласованные действия обслуживающего персонала.

Для предотвращения поражения электрическим током на рабочем месте оборудование оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [14].

Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия:

- Оформление работы нарядом или устным распоряжением;
- Проведение инструктажей и допуск к работе;
- Надзор во время работы.

8.2.7 Производственные факторы, связанные с повышенным образованием электростатических зарядов на рабочем месте

Для защиты от воздействия статического электричества на рабочем месте применяется защитное заземление, индивидуальная защита (антистатические спреи, браслеты). Рабочие места не следует размещать с ЭВМ вблизи силовых кабелей, высоковольтных трансформаторов, технологического оборудования, создающие помехи в работе ЭВМ.

По степени опасности поражения электрическим током лаборатория 8 отдела предприятия «НПЦ «Полюс» относится к помещениям без

повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое помещение с токонепроводящими полами, с температурой 22-23 °С, с влажностью 40-50 %) [15].

Таким образом, разработанные мероприятия обеспечивают безопасную эксплуатацию электроустановок в лаборатории 8 отдела предприятия «НПЦ «Полюс».

8.2.8 Производственные факторы, связанные с чрезмерно высокой температурой материальных объектов производственной среды, которые могут вызвать ожоги тканей организма человека

Источником данного фактора является процесс пайки на рабочем месте. Воздействие этого фактора на человека может привести к получению ожогов вплоть до 4 степени тяжести.

Согласно ТИ Р М-075-2003, к выполнению работ по пайке паяльником допускаются работники в возрасте не моложе 18 лет, прошедшие обучение, инструктаж и проверку знаний по охране труда и пожарной безопасности, освоившие безопасные методы и приемы выполнения работ, методы и приемы правильного обращения с приспособлениями, инструментами и грузами.

Работники, выполняющие пайку паяльником, имеют II группу по электробезопасности, а также обеспечиваются средствами индивидуальной защиты. Рабочий снабжается защитными очками, рукавицами и фартуком, что является основной мерой безопасности и предотвращения термических и химических ожогов при попадании расплавленного металла или флюса на кожу.

8.3 Экологическая безопасность

В данном разделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду, определяются возможные источники загрязнения, а также методы и способы защиты от них.

8.3.1 Влияние на селитебную зону

Класс опасности отсутствует, воздействия на селитебную зону нет.

8.3.2 Влияние на атмосферу

При производстве предлагаемого модуля в процессе пайки возникает загазованность воздуха рабочей зоны парами вредных химических веществ, например, свинца и окиси кадмия.

Для сведения последствий загазованности воздуха к минимуму на предприятии «НПЦ «Полнос» используется система вентиляции, обеспечивающая возможность регулярной очистки воздуховодов, а внутренние воздуховоды вытяжных систем периодически очищаются от флюса, загрязненного свинца.

8.3.3 Влияние на гидросферу

После завершения работ по разработке интерфейсного модуля передачи данных по шине CAN производится уборка, вследствие которой, происходит смыв отходов после пайки. Согласно перечню, максимально допустимых значений нормативных показателей общих свойств сточных вод и концентраций загрязняющих веществ в сточных водах, максимальное допустимое значение концентрации свинца $0,25 \text{ мг/дм}^3$, кадмия $0,015 \text{ мг/дм}^3$.

Согласно ГОСТ 17.1.3.13-86 сточные воды, подлежащие сбросу в канализационную сеть населенных пунктов, содержат вредные вещества в концентрациях, превышающих установленные нормы, то их следует подвергать предварительной очистке [16].

Степень загрязненности сточных вод контролируется с помощью систем контроля и оценки, подлежащие государственному учету.

8.3.4 Влияние на литосферу

Различные электроприборы и электроустановки содержат такие токсичные вещества, как кадмий, бериллий, мышьяк, ртуть, свинец, поливинилхлорид, редкоземельные минералы.

Утилизация электронной техники осуществляется в соответствии с ГОСТ Р 55102-2012 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутьсодержащих устройств и приборов».

Согласно ГОСТ Р 55102-2012, устройство, вышедшее из эксплуатации должно пройти следующие стадии: сбор, хранение, транспортирование и разборка отработавшего электротехнического и электронного оборудования [17].

Люминесцентные лампы утилизируются согласно ГОСТ Р 52105-2003 специализированными и имеющими лицензию на данный вид деятельности организациями [18].

Процесс разработки сопровождается работой с информацией (нормативно-техническая документация, ГОСТы), а также разработкой схемы проектируемого интерфейсного модуля передачи данных по шине CAN. Использованная макулатура и бытовой мусор утилизируется согласно ГОСТ Р 55090-2012 и впоследствии вторично используется [19].

8.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В данном разделе приведен краткий анализ вероятных чрезвычайных ситуаций (ЧС), которые могут возникнуть при разработке, изготовлении и эксплуатации проектируемого модуля, согласно ГОСТ Р 22.0.02-2016.

Объект исследования представляет собой печатный узел, его сборка осуществляется с помощью паяльной станции, поэтому наиболее вероятной ЧС является пожар, возникший в результате короткого замыкания в паяльном оборудовании или при сгорании дорожек печатного узла при прохождении по ним большого тока [20].

Основные источники возникновения пожара:

- неработоспособное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования;

- электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов;

- перегрузка в электроэнергетической системе и короткое замыкание в электроустановке [21].

Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Среди комплекса мероприятий по обеспечению пожарной безопасности выделяют:

- Обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении;

- Пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

— Обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования) [22].

Согласно НПБ 104-03 для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые опτικο-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей [23].

На предприятии «НПЦ «Полюс» имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо немедленно сообщить об этом в пожарную охрану, обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию сотрудников в соответствии с планом эвакуации, представленным в лаборатории 8 отдела и на каждом этаже предприятия.

Лаборатория 8 отдела предприятия «НПЦ «Полюс» оснащена первичными средства пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1 шт., ОП-3, 1 шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е). В таблице 22 представлены типы огнетушителей, применяемых при возгорании в электроустановках.

Таблица 22 – Типы применяемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

Напряжение, кВ	Тип огнетушителя (марка)
До 1,0	Порошковый (серии ОП)
До 10,0	Углекислотный (серии ОУ)

Вывод по разделу

Согласно СанПиН 1.2.3685-21, лаборатория 8 отдела предприятия «НПЦ «Полюс» относится к категории Ib. По степени опасности поражения электрическим током лаборатория относится к помещениям без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое помещение с токонепроводящими полами, с температурой 22-23 °С, с влажностью 40-50 %). Согласно Правилам по охране труда при эксплуатации электроустановок, в лаборатории работает персонал II группы.

В соответствие с СП 12.13130.2009, помещение, в котором осуществляется разработка модуля, относится к категории Д – помещение пониженной пожароопасности [24].

Согласно постановлению от 31 декабря 2020 года №2398, объекты, которые оказывают негативное воздействие на окружающую среду, можно отнести к IV категории.

Заключение

В ходе выполнения работы был проведен теоретический обзор интерфейсов и проведен анализ предлагаемых решений. На основе проведенного анализа была разработана структурная и принципиальная схемы интерфейсного модуля, проведен выбор компонентов, спроектирована 3D-модель печатной платы и корпуса модуля.

Также было написано программное обеспечение для передачи данных по шине CAN и генерации тактового сигнала WDI для схемы радиационной защиты модуля. Проверка работоспособности программного обеспечения показала положительные результаты.

Список используемых источников

1. Современные приемопередатчики сети CAN компании ON Semiconductor: сайт. – URL: <https://kit-e.ru/interface/sovremennye-priemoperedatchiki-seti-can-kompanii-on-semiconductor/> (дата обращения: 15.03.2022). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. ГОСТ Р ИСО 11898-1-2015. Транспорт дорожный. Местная контроллерная сеть (CAN). Часть 1. Канальный уровень и передача сигналов: дата введения 2016-08-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200126802> (дата обращений: 15.05.2022). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
3. ГОСТ Р ИСО 11898-2-2015. Транспорт дорожный. Местная контроллерная сеть (CAN). Часть 2. Устройство доступа к высокоскоростной среде: дата введения 2016-08-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200126803> (дата обращений: 15.05.2022). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. ГОСТ Р 52070-2003. Интерфейс магистральный последовательный. Системы электронных модулей. Общие требования: дата введения 2004-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032123> (дата обращения: 15.05.2022). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. Спецификация на микроконтроллер 1986VE91T: сайт. – URL: <https://eandc.ru/pdf/mikroskhema/1986ve9.pdf> (дата обращения: 03.04.2022). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
6. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022).
7. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: дата введения 1979-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения: 03.05.2022). – Текст: электронный.

8. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация: дата введения 2017-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 03.05.2022). – Текст: электронный.

9. ТИ Р М-075-2003. Межотраслевая типовая инструкция по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником: дата введения 2003-07-17. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901899291> (дата обращения: 04.05.2022). – Текст: электронный.

10. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение: дата введения 2017-05-08. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 04.05.2022). – Текст: электронный.

11. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и безвредности для человека факторов среды обитания: дата введения 2021-01-28. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения 11.05.2022). – Текст: электронный.

12. ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности: дата введения 2015-11-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> (дата обращения: 11.05.2022). – Текст: электронный.

13. ГОСТ 31319-2006. Вибрация. Измерение общей вибрации и оценка ее воздействия на человека. Требования к проведению измерений на рабочих местах: дата введения 2008-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200060918> (дата обращения 11.05.2022). – Текст: электронный.

14. ГОСТ 12.1.019-2017. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты: дата введения 2019-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (дата обращения: 06.05.2022). – Текст: электронный.

15. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление: дата введения 1982-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200289> (дата обращения: 07.05.2022). – Текст: электронный.

16. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы (ССОП). Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения: дата введения 1986-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003200> (дата обращения: 20.05.2022). – Текст: электронный.

17. ГОСТ Р 55102-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Руководство по безопасному сбору, хранению, транспортированию и разборке отработавшего электротехнического и электронного оборудования, за исключением ртутьсодержащих устройств и приборов: дата введения 2013-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104723> (дата обращения: 08.05.2022). – Текст: электронный.

18. ГОСТ Р 52105-2003. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация и методы переработки ртутьсодержащих отходов. Основные положения: дата введения 2004-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200032452> (дата обращения: 08.05.2021). – Текст: электронный.

19. ГОСТ Р 55090-2012. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги: дата введения 2014-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200103182> (дата обращения: 08.05.2022). – Текст: электронный.

20. ГОСТ Р 22.0.02-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения: дата введения 2017-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139176> (дата обращения: 09.05.2022). – Текст: электронный.

21. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования: дата введения 1992-07-01. –

URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения: 09.05.2022). – Текст: электронный.

22. СП 484.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования: дата введения 2021-03-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686> (дата обращения: 09.05.2022). – Текст: электронный.

23. НПБ 104-03. Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях: дата введения 2003-06-20. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901866573> (дата обращения: 09.05.2022). – Текст: электронный.

24. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: дата введения 2009-05-01. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 09.05.2022). – Текст: электронный.

Приложение М
(справочное)

Таблица М.1 – Календарный план-график проведения НИОКР

№	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				январь			февраль			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководители, студент	9															
2	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	9															
3	Проведение обзора существующих технических решений	Студент	15															
4	Выбор направления исследования	Руководители, студент	6															
5	Календарное планирование по теме	Руководители, студент	6															
6	Построение структурной и функциональной схемы модуля	Студент	6															

Продолжение таблицы М.1

№	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				январь			февраль			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7	Расчет и подбор необходимых электронных компонентов	Руководители, студент	9															
8	Построение электрической принципиальной схемы модуля	Студент	9															
9	Написание программного кода модуля	Студент	9															
10	Разработка 3D-модели модуля	Студент	15															
11	Разработка корпуса модуля	Студент	5															
12	Проверка работоспособности ПО	Студент	5															
13	Анализ полученных результатов	Руководители, студент	6															
14	Оценка эффективности полученных результатов	Руководители, студент	6															
15	Составление пояснительной записки	Студент	15															

■ Студент, ■ Руководители

Приложение Н
(справочное)

Таблица Н.1 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Конденсатор К10-17В-Н20-0,022 мкФ±10%-3	шт.	4	19	76
Конденсатор К10-17В-Н20-1000 пФ±10%-1	шт.	1	25	25
Конденсатор К53-65 "D" -16В-47 мкФ±10%	шт.	1	46	46
Конденсатор К10-17В-Н20-0,1 мкФ±10%-4	шт.	1	27	27
Конденсатор К10-17В-Н20-1000 пФ±10%-1	шт.	1	25	25
Конденсатор ОС К53-65 "D" -16В-47 мкФ±10%	шт.	1	127	127
Конденсатор К10-17В-Н20-0,1 мкФ±10%-4	шт.	1	27	27
Конденсатор К10-17В-Н20-0,15 мкФ±10%-4	шт.	1	19	19
Конденсатор К53-65 "С" -10В-15 мкФ±10%	шт.	1	300	300
Конденсатор К10-17В-Н20-0,15 мкФ±10%-4	шт.	6	15	90

Продолжение таблицы Н.1

Конденсатор К10-17В-Н20-0,1 мкФ±10%-4	шт.	10	27	270
Конденсатор К53-65 "D" -16В-22 мкФ±20%	шт.	1	50	50
Конденсатор К10-17В-50В-МП0-470 пФ±5%-1	шт.	1	12	12
Конденсатор К10-17В-Н20-3900 пФ±10%-2	шт.	1	15	15
Конденсатор К10-17В-50В-МП0-2700 пФ±10%-3	шт.	1	14	14
Конденсатор К10-17В-Н20-0,1 мкФ±10%-4	шт.	1	27	27
Микросхема 5559ИН14БУ АЕЯР.431230.652ТУ	шт.	2	1716	3432
Микросхема 1986ВЕ91Т АЕЯР.431290.711 ТУ	шт.	1	22440	22440
Микросхема 1469ТК035 АЕНВ.431260.042ТУ	шт.	1	13776	13776
Микросхема 1554ЛЕ1ТБМ АЕЯР.431200.182-08ТУ	шт.	1	1848	1848
Генератор ГК108-П-15ГР-3-16М АФТП.433520.007ТУ	шт.	1	1980	1980
Резистор Р1-12-0,125-2,7 кОм±10%-Т	шт.	4	7	28

Продолжение таблицы Н.1

Резистор P1-12-0,125-10 кОм±10%-Т	шт.	2	9	18
Резистор P1-12-0,125-100 Ом±10%-Т	шт.	2	9	18
Резистор P1-12-0,125-100 кОм±10%-Т	шт.	3	17	51
Резистор P1-12-0,125-33 кОм±10%-Т	шт.	2	14	28
Резистор P1-8МП-0,125-82,5 Ом±0,5%-0,5-Л	шт.	5	18	90
Резистор P1-12-0,125-33 кОм±10%-Т	шт.	38	13	494
Резистор P1-81-0,25-1 Ом±1%-Е АЛЯР.434110.015ТУ	шт.	9	6	54
Резистор P1-12-0,125-10 кОм±10%-Т	шт.	4	9	36
Розетка СНП333	шт.	2	310	620
Вилка СНП 268	шт.	1	234	234
Соединитель СНП 306	шт.	1	93	93
Соединитель СНП 390	шт.	1	84	84
Макетная плата	шт.	1	500	500
Припой	шт.	1	150	150
Флюс	шт.	1	100	100
Итого				47224