

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка пешеходной навигационной системы на основе МЭМС датчиков
УДК 681.586'32:629.052.6.072.1:656.14

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Кондратьев Владислав Юрьевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Нестеренко Т.Г.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д-р экон. наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Авдеева И.И.	-		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Арышева Г.В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова В.С.	К.Т.Н.		

Планируемые результаты освоения ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
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 и иностранном (-ых) языке
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 безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность представлять адекватную современному уровню знаний научную картину мира на основе знания основных положений, законов и методов естественных наук и математики;
ОПК(У)-2	Способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
ОПК(У)-3	Способность решать задачи анализа и расчета характеристик электрических цепей;
ОПК(У)-4	Готовность применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей и подготовки конструкторско-технологической документации;
ОПК(У)-5	Способность использовать основные приемы обработки и представления экспериментальных данных;

ОПК(У)-6	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;
ОПК(У)-7	Способность учитывать современные тенденции развития электроники, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности;
ОПК(У)-8	Способность использовать нормативные документы в своей деятельности;
ОПК(У)-9	Способность использовать навыки работы с компьютером, владеть методами информационных технологий, соблюдать основные требования информационной безопасности.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность строить простейшие физические и математические модели приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования
ПК(У)-2	Способность аргументированно выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик приборов, схем, устройств и установок электроники и нанoeлектроники различного функционального назначения
ПК(У)-3	Готовность анализировать и систематизировать результаты исследований, представлять материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
ПК(У)-4	Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектов
ПК(У)-5	Готовность выполнять расчет и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования
ПК(У)-6	Способность разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы
ПК(У)-7	Способность 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 наноэлектроника**
 Отделение **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
1А7Б	Кондратьев Владислав Юрьевич

Тема работы:

Разработка пешеходной навигационной системы на основе МЭМС датчиков	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	25-15/с от 25.01.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:	04.06.2021
--	------------

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>Объектом проектирования является разработка пешеходной навигационной системы на основе МЭМС-датчиков.</p> <p>Цель работы – разработка пешеходной навигационной системы на основе МЭМС датчиков; моделирование работы устройства; создание программы вывода навигационных параметров.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Теоретический обзор предметной области Разработка структурной схемы, электрической принципиальной схемы устройства Подбор необходимых компонентов Моделирование работы устройства Создание программного кода вывода навигационных параметров</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Схема электрическая принципиальная ФЮРА. 464415.001 ЭЗ</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Гасанов Магеррам Али оглы</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Авдеева Ирина Ивановна</p>
<td data-bbox="659 1099 1511 1173"> </td>	
<td data-bbox="659 1173 1511 1240"> </td>	

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>-</p>	
<td data-bbox="223 1471 1511 1536"> </td>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>13.02.2021</p>
--	-------------------

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент ОЭИ</p>	<p>Нестеренко Т.Г.</p>	<p>к.т.н.</p>	<td data-bbox="1362 1794 1511 1834"> <p>13.02.21</p> </td>	<p>13.02.21</p>

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>1А7Б</p>	<p>Кондратьев Владислав Юрьевич</p>	<td data-bbox="1347 1946 1511 2009"> <p>13.02.2021</p> </td>	<p>13.02.2021</p>

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 **электронной инженерии**

Период выполнения _____ (осенний / весенний семестр 2020 /2021 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:	04.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.02.2021	<i>Обзор пешеходных навигационных систем</i>	10
01.03.2021	<i>Разработка электронной части</i>	20
03.04.2021	<i>Моделирование навигационной системы</i>	20
10.05.2021	<i>Программная часть</i>	20
17.05.2021	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
24.05.2021	<i>Социальная ответственность</i>	10
04.06.2021	<i>Оформление ВКР</i>	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Нестеренко Т.Г.	к.т.н.		13.02.2021

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОЭИ	Иванова В.С.	к.т.н.		13.02.2021

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

Студенту:

Группа	ФИО
1А7Б	Кондратьев Владислав Юрьевич

Школа	Отделение школы (НОЦ)	Уровень образования	Направление/специальность
		Бакалавриат	Электроника и наноэлектроника

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.</i>
2. <i>Разработка устава научно-технического проекта</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ.</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности исследования получения полиметилметакрилата суспензионным способом.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Сегментирование рынка*
2. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
3. *Матрица SWOT*
4. *График проведения и бюджет НТИ*
5. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ*

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	27.02.2021
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д-р экон. наук		27.02.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Кондратьев Владислав Юрьевич		27.02.2021

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1А7Б	Кондратьев Владислав Юрьевич

Школа	ИШНКБ	Отделение (НОЦ)	ОЭИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	11.03.04 Электроника и наноэлектроника

Тема ВКР:

Разработка пешеходной навигационной системы на основе МЭМС датчиков	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Объектом исследования является пешеходная навигационная система на основе МЭМС датчиков. Рабочая зона находится в 4 корпусе, 107а аудитория. Освещение смешанное, наличие ПК и рабочего стола, присутствует местная вытяжная вентиляция. Технологический процесс включает в себя разработку схемы, разработку конструкции навигационной системы, сборку, пайку и программирование. Область применения – системы навигации.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Правовое обеспечение и организационные мероприятия согласно ТК РФ от 30.12.2001 N197-ФЗ. Законодательные и нормативные акты по теме:</p> <ul style="list-style-type: none"> – ГОСТ 12.0.003-2015. – ГОСТ 12.0.004-2015. – ГОСТ 12.1.002-84. – ГОСТ 12.1.003-2014. – ГОСТ 12.1.005-88. – ГОСТ 12.2.032-78. – ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. – ГОСТ Р 22.0.02-2016. – ГОСТ Р 53692-2009. – СанПиН 1.2.3685-21. – СП 51.13330.2011 – СП 485.1311500.2020. – СП 486.1311500.2020. – Федеральный закон №123– ФЗ от 22.07.2008 г. – Федеральный закон №421– ФЗ от 28.12.2013 г. – Федеральный закон №426 – ФЗ от 28.12.2013 г. – Конституция Российской Федерации.

<p>2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Выявить вредные факторы в аудитории: освещенность, шум, микроклимат, вредные вещества. Рассмотреть: – влияние психофизиологических факторов: монотонность труда, физические и эмоциональные перегрузки, умственное перенапряжение; Выявить опасные факторы, относящиеся к оборудованию: повышенный уровень напряженности электростатического поля, удар током, короткое замыкание, статическое электричество, термическая опасность.</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p>	<p>Рассмотреть: – необходимость применения санитарно-защитной зоны из-за отходов; – необходимость осуществлять отдельный сбор и хранение отходов, подвергать их обработке, утилизации или захоронению. Отходы: компьютерная техника и периферийные устройства, люминесцентные лампы, макулатура, ветошь.</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>Возможные ЧС: пожар, взрыв, разрушение зданий, в результате разрядов атмосферного электричества. Наиболее типичная ЧС – пожар. Профилактические мероприятия, требования к безопасности и меры по ликвидации ее последствий: 1. Использование огнетушителя, песка, асбестового одеяла, пожарного щита; 2. Обеспечение средствами индивидуальной защиты (СИЗ); 3. Организационная эвакуация работников.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.03.2021
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна	-		01.03.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1А7Б	Кондратьев Владислав Юрьевич		01.03.2021

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит: 104 страницы, 31 рисунок, 25 таблиц, 30 источников, 4 приложения.

Ключевые слова: инерциальный модуль, гироскоп, акселерометр, магнитометр, угловая скорость, ускорение, микроэлектромеханические системы, калибровка.

Объектом исследования является пешеходная навигационная система на основе МЭМС датчиков.

Цель работы – разработка пешеходной навигационной системы на основе МЭМС датчиков.

В процессе исследования проводилось изучение пешеходных навигационных систем, изучение программной среды Arduino IDE 1.8.12. Моделирование проводилось в среде MatLab Simulink.

В результате исследования разработана схема электрическая принципиальная, проведено моделирование навигационной системы для расчёта траектории движения человека, и написан программный код вывода углов ориентации устройства и значений ускорений относительно собственных осей датчика.

В будущем планируется написать программный код и создать интерфейс для фиксирования двухмерной карты перемещения на экране компьютера.

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 9 марта 2021 года).

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

ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015.

ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях, 2011.

ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны, 1988.

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

СанПиН 1.2.3685-21. "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания", 2021.

СП 51.13330.2011. Защита от шума, 2011.

СП 485.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования, 2020.

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

НПБ 104-03. Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях, 2013.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Датчик - понятие в системах управления - чувствительный элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства

системы, преобразующий измеряемую величину в удобный для использования сигнал.

Микроэлектромеханические системы - представляют собой устройства микросистемной техники, объединяющие в себе микромеханические и микроэлектронные компоненты, которые изготавливаются из кремния.

Гироскоп - устройство, способное реагировать на изменение углов ориентации тела, на котором оно установлено, относительно инерциальной системы отсчета.

Акселерометр - устройство, измеряющий проекцию кажущегося ускорения.

Магнитометр - устройство, который используют геологи для измерения и (иногда) определения направления магнитного поля Земли в определенной точке пространства.

Инерциальная навигация - метод определения параметров движения и координат объекта, не нуждающийся во внешних ориентирах или сигналах.

В данной работе применены следующие обозначения и сокращения:

МЭМС – микроэлектромеханические системы;

ПНС – пешеходная навигационная система;

АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

Оглавление

Введение.....	16
1 Обзор литературы на тему: «Пешеходные навигационные системы».....	17
1.1 Основная информация.....	17
1.2 Неавтономные навигационные системы.....	18
1.3 Автономные навигационные системы.....	19
1.4 Датчики Honeywell для модуля локального позиционирования.....	19
1.5 Электронный магнитный компас.....	20
1.6 Модули электронного компаса Honeywell.....	20
1.7 Базовая структура модуля вычисления пути Honeywell.....	21
1.8 Модуль SiRFstar2t.....	23
1.9 Модуль вычислителя пути DRM-3.....	24
1.10 Модуль счисления пути DRM-5.....	24
1.11 GPS-микромодуль uBlox типа TIM-LF.....	26
1.12 Базовая система локального позиционирования для пожарных (Primordial Firefighter).....	27
1.13 Пешеходная навигационная система NavShoe, встроенная в обувь.....	28
2 Объект и методы исследования.....	30
3 Расчёты и аналитика.....	32
3.1 Подбор компонентов.....	32
3.1.1 Обоснование выбора инерциального модуля.....	32
3.1.2 Обоснование выбора микроконтроллера.....	34
3.1.3 Обоснование выбора передатчика и приёмника.....	36
3.1.4 Обоснование выбора элемента питания.....	38
3.1.5 Обоснование выбора модуля GPS.....	40
3.2 Описание принципиальной схемы устройства.....	41
3.3 Моделирование навигационной системы.....	43
3.3.1 Метод вычисления перемещения человека.....	43
3.3.2 Моделирование перемещения человека.....	45
4 Результаты экспериментального исследования.....	49

4.1 Калибровка компаса.....	49
4.2 Экспериментальное определение навигационных параметров	51
5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	54
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	54
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	54
5.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	55
5.1.3 SWOT-анализ.....	57
5.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	60
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	60
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	61
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	63
5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	65
5.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	66
5.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	68
5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	68
5.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы	71
5.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	71
5.2.4.6 Накладные расходы	72
5.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	72
5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	73
5.4 Выводы по разделу.....	76
6 Социальная ответственность	77
6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	77
6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.....	77
6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	78

6.2 Производственная безопасность	78
6.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	78
6.2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)	79
6.3 Экологическая безопасность.....	87
6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	87
6.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	88
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	88
6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	88
6.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС	90
6.5 Выводы по разделу.....	92
Заключение	93
Список используемых источников.....	94
Приложение А ФЮРА. 464415.008 ЭЗ ПНС.....	99
Приложение Б Код программы для калибровки магнитометра	100
Приложение В Код программы для вывода навигационных параметров.....	101
Приложение Г Календарный план-график проведения НИОКР.....	104

Введение

Важную роль в деятельности шахтёров, коммунальщиков, спасателей МЧС, полиции и военных играет персональная навигационная система (ПНС). Достоверная информация о местоположении единицы подразделения, требуется в ситуациях, когда необходимо скоординировать совместные действия отряда для проведения быстрых и слаженных операций.

Но радионавигационные и спутниковые системы не всегда могут удовлетворить эти запросы, так как зачастую приходится работать под землей, в зданиях или в условиях застройки повышенной плотности.

Поэтому для определения параметров движения пользователей актуальными становятся инерциальные навигационные системы на основе МЭМС-датчиков, которые позволяют снизить воздействие внешних сигналов на качество навигационной информации. Также они удобны в использовании, обладают небольшими габаритами, невысокой стоимостью, малым потреблением электроэнергии и легко доступны.

Объект исследования – пешеходная навигационная система на основе МЭМС-датчиков.

Предметом исследования является изучение и анализ процесса определения навигационных параметров.

Данная работа посвящена разработке и исследованию пешеходной навигационной системы на основе МЭМС-датчиков. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- провести литературный обзор существующих вариантов решений для разрабатываемого устройства;
- выбрать и обосновать структурную схему устройства;
- разработать принципиальную схему устройства;
- выполнить подбор необходимых компонентов;
- провести моделирование работы устройства;
- провести исследование работы устройства.

1 Обзор литературы на тему: «Пешеходные навигационные системы»

1.1 Основная информация

Навигационная система (навигационный комплекс) — это совокупность приборов, алгоритмов и программного обеспечения, позволяющих произвести ориентирование объекта в пространстве (осуществить навигацию) [1]. В комплекс такой установки могут входить как сложные системы навигации (например, спутниковая система), так и отдельные устройства, позволяющие определить географические координаты объекта или его местоположение относительно других объектов.

Инерциальная навигация — метод навигации (определения координат и параметров движения различных объектов — судов, самолётов, ракет и др.) и управления их движением, основанный на свойствах инерции тел, являющийся автономным, т. е. не требующим наличия внешних ориентиров или поступающих извне сигналов. Неавтономные методы решения задач навигации основываются на использовании внешних ориентиров или сигналов (например, звёзд, маяков, радиосигналов и т. п.) [2].

В мире существуют системы абсолютного и относительного (локального) позиционирования. Абсолютное позиционирование основывается на определении координат в определённой точке независимо от того, где пользователь был в другой момент времени. Примером такой системы может служить GPS. А относительное позиционирование подразумевает определение начальных координат, вычисление длины пути и векторов перемещения.

Ещё одним достоинством локальной системы позиционирования является хорошее разрешение, лучше, чем у систем GPS. Также некоторые системы локального позиционирования могут работать не только снаружи зданий, но и внутри, что позволяет непрерывно обеспечивать навигацию человека или, например, робота. В свою очередь, системы локального позиционирования подразделяются на автономные и неавтономные. Отличие

автономности заключается в независимости определения навигационных параметров от внешних спутниковых или ВЧ сигналов.

1.2 Неавтономные навигационные системы

Разработки компаний SafeTzone и Hitachi являются примером неавтономных навигационных систем. Как и в системе GPS, принцип действия разработок заключался в измерении координат пользователей по сигналам от базовых станций. Поначалу такие системы применялись в американских парках отдыха. Каждому выдавались специальные браслеты, которые передавали информацию на приёмники, оборудованные по всему парку. Точность позиционирования достигала 6 – 15 м. Структура локальной навигационной системы SafeTzone показана на рисунке 1.

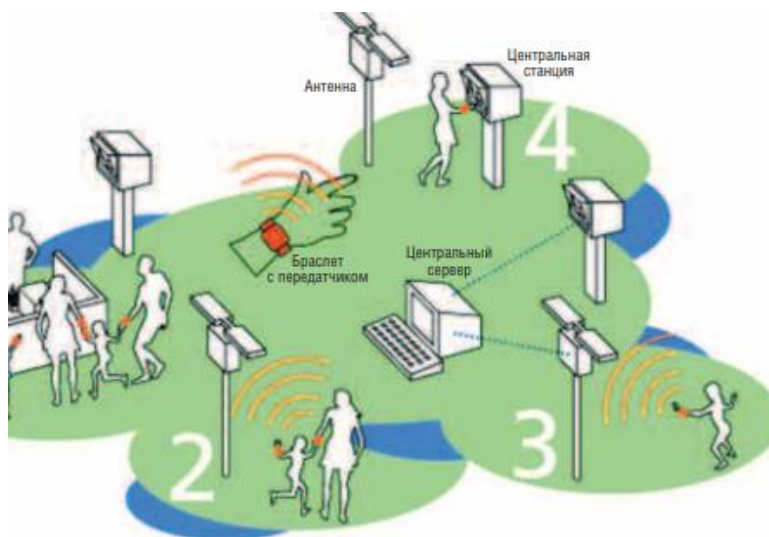


Рисунок 1 – Структура локальной навигационной системы SafeTzone [3]

Разработка локальной системы позиционирования компании Hitachi основана на технологии беспроводной передачи данных WLAN. Главная базовая навигационная станция подаёт синхронизирующие сигналы на устройства с сетевой картой (ноутбук или персональный компьютер пользователя), в они в ответ посылают свои радиоволны на другие базовые станции, расположенные в округе. В результате разного времени прохождения сигналов и вычисляется местоположение пользователя. Станций располагаются не более чем на 100-200

м, и точность не превышает 1-3 м. Несмотря на большое количество альтернативных методов позиционирования (радионавигация, GPS и т.д.), существует потребность в более точных системах.

1.3 Автономные навигационные системы

В автономных навигационных системах применяется инерциальная система отсчёта. Основными компонентами в таких системах являются гироскоп и датчики, которые позволяют вводить поправки при определении ориентации объекта. Автономные средства навигации актуальны и для наземных средств передвижения, и для пешеходов. Также хорошо начали развиваться технологии Wearable Electronics – носимого или встроенного в одежду электронного оборудования.

Метод инерциальной навигации является одним из методов определения местоположения движущихся объектов. Подвижный объект оснащается датчиками курса и вычисления пути, по их показаниям можно определить местоположение объекта относительно определённых точек на местности. Привязка к карте местности может осуществляться с помощью дополнительной GPS системы. Перемещение объекта может вычисляться с помощью навигационного компьютера на самом объекте, либо на удалённом компьютере, с передачей информации по беспроводной связи.

1.4 Датчики Honeywell для модуля локального позиционирования

Для создания различных навигационных систем фирма Honeywell выпускает как отдельные датчики, так и различные готовые модули «под ключ» со встроенными схемами согласования и обработки сигналов. Компания Honeywell владеет фирменной технологией для производства очень точных магниторезистивных датчиков. На их основе фирма разработала готовые функциональные модули магнитометров и электронных магнитных компасов. Специалистами Honeywell разработаны и запатентованы эффективные

алгоритмы обработки первичных данных от интегральных датчиков. Эти алгоритмы дают пользователям готовые функциональные решения и избавляют от расходов на собственные разработки.

1.5 Электронный магнитный компас

Существуют различные типы компасов для определения ориентации в пространстве. Китайский магнитный компас был изобретён ещё в 13 веке. Все магнитные компасы основаны на том, что вектор магнитного поля параллелен земле и направлен на Северный магнитный полюс.

Электронные магнитные компасы, основанные на применении магниторезистивных датчиков, тоже работают при использовании магнитного поля Земли. Электронные компасы применяются не только как самостоятельные устройства, но и в составе модулей GPS. При блокировке сигнала GPS физическим препятствиями, сигнал может пропадать, и компас может выручить в данной ситуации, помочь определить дальнейшее направление движения. Они обеспечивают разрешение до $0,1^\circ$.

Многие электронные компасы используют приборы для измерения интенсивности магнитного поля Земли, называемые магнитометрами. Данные полученные от магнитометров усиливаются, нормируются и затем с помощью микроконтроллера вычисляется вектор направления компаса. Типовой электронный компас создаётся при помощи установки двух магнитометров под правильными углами на плоской горизонтальной опоре [3].

1.6 Модули электронного компаса Honeywell

Модули электронных компасов Honeywell измеряют горизонтальные составляющие магнитного поля Земли и угол поворота пользователя или транспортного средства. С помощью несовпадения географического меридиана с магнитным строится датчик курса относительно севера.

Компасный набор НМС1055 от компании Honeywell содержит в себе одно- и двухосевой магнитометры и датчик ускорения для определения поворота.

Модуль с двухосевым магниторезистивным датчиком представлен на рисунке 2. Микросхема TLC2543 является 12-разрядным 11-канальным АЦП с последовательной шиной от компании Texas Instruments.

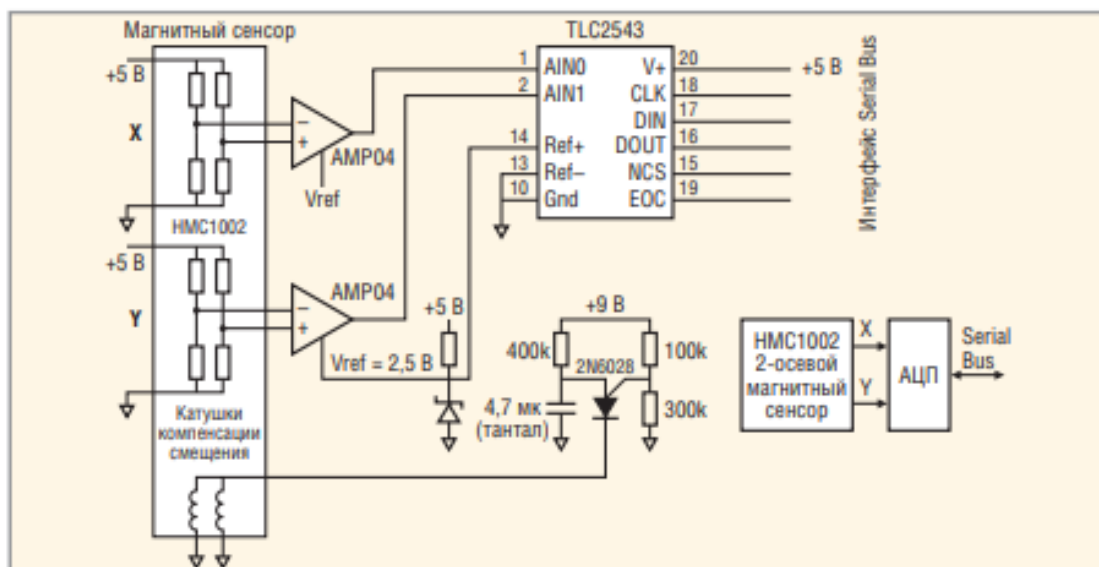


Рисунок 2 – Структура модуля с двухосевым магниторезистивным датчиком [4]

1.7 Базовая структура модуля вычисления пути Honeywell

Модуль вычисления пути состоит из датчика магнитного компаса HMC6042 и специализированной микросхемы вычисления пути SIFRstar2t (рисунок 3). Эта микросхема имеет встроенный двухканальный АЦП и последовательный интерфейс с хост-микроконтроллером.

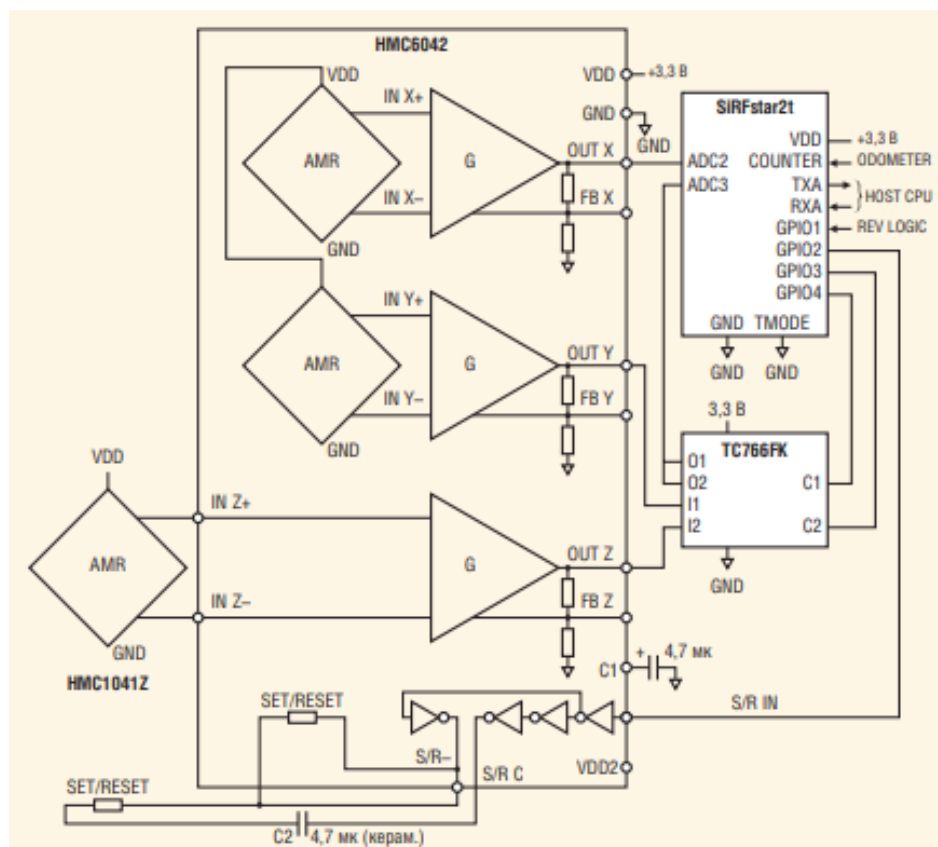


Рисунок 3 – Схема модуля числения пути на базе SIFRstart2t [4]

Honeywell HMC6042 является двухосевым интегральным датчиком магнитного поля, в котором наряду с двумя кристаллами датчиков HMC1042 содержится микросхема обработки сигнала (HMR5003). Обработка сигнала осуществляется с помощью АЦП, усилителей и микроконтроллера управления. Эта же микросхема содержит формирователь сигнала для периодического восстановления магнитной чувствительности датчиков. Для этой цели выходной каскад формирует импульс длительностью 1...2 мкс. Выходной ток микросхемы – не менее 400 мА. Емкостной умножитель напряжения используется для подачи короткого токового импульса.

Модуль можно встроить в различные системы мониторинга, системы слежения. Причем перемещение можно определять не только снаружи, но и внутри зданий. Для увеличения разрешения позиционирования структура компаса дополняется трёхосевыми магнитными датчиками и по крайней мере двухосевым акселерометром. Для этого двухосевую систему магнитных

датчиков HMC6042 можно дополнить датчиком магнитного поля по оси Z Honeywell HMC1041Z [4].

1.8 Модуль SiRFstar2t

Использование модуля SiRFstar2t со встроенным 14-разрядным АЦП обеспечивает преобразование в цифровую форму трёх компонент измеренного в определённой точке магнитного поля для вычисления курсовых перемещений. Трёхосевая система датчиков магнитного поля Земли раскладывает вектор поля на три составляющие по осям X, Y, Z. Далее вычисляется проекция этого вектора на поверхность Земли. Эта проекция и будет направлением стрелки магнитного компаса. Датчики акселерометров нужны для того, чтобы скомпенсировать угловые компоненты крена перемещений пешехода.

Реальное направление виртуальной стрелки магнитного компаса вычисляется уже с учётом компенсации крена по вертикали и горизонтали (наклона). Поэтому данные от датчиков магнитного поля и акселерометров обрабатываются в специализированной микросхеме. В хост-контроллер передаётся уже результирующее значение направления стрелки магнитного компаса с учётом поправок на крен. Другая функция, которая обеспечивается при обработке данных акселерометров – это вычисление длины пройденного пути. Поскольку движение происходит дискретно – шагами, требуется фиксировать направление и длину шага и производить векторные вычисления пути.

До настоящего времени шагомеры использовались в медицинских бытовых приборах для мониторинга здоровья. То есть с помощью шагомеров подсчитывалось число шагов и ориентировочно длина пройденного пешком пути за определённое время. Длина шага бралась статистическая или устанавливалась вручную пользователем. Для правильной работы таких шагомеров предполагается только движение вперед. Реально направление шага может быть любым, в том числе назад и вбок. Положение модуля, встроенного в одежду, может быть также любым. Простейший алгоритм работы модуля

основан на использовании средней расчётной длины шага, полученной на базе опорных точек от GPS. В пределах помещений длина шага, скорее всего, будет отличаться от длины шага вне помещения.

Магнитные датчики направления, представляющие собой, как правило, трёхкомпонентные измерители магнитного поля Земли, дополняются другими приборами, позволяющими компенсировать искажения магнитного поля, которые возникают из-за различных факторов. В качестве таких приборов наиболее часто используются датчики ускорения – акселерометры [5].

1.9 Модуль вычислителя пути DRM-3

Модуль Honeywell DRM-3 счисления пути является первым предназначенным для пешеходной навигации устройством, в котором реализованы функция компаса и вычисления пройденного пути. Модуль используется в военных приложениях, службами национальной безопасности, путешественниками и туристами, а также в медицинских приложениях (мониторинг движения пациентов).

Модуль DRM может работать как совместно с приёмником GPS, так и без него. DRM содержит магнитный компас с компенсацией кренов, электронный шагомер и барометрический высотомер. Доступна также «облегчённая» модификация устройства – DRM-core (без высотомера и GPS-приёмника).

1.10 Модуль счисления пути DRM-5

Следующей разработкой фирмы Honeywell стал модуль счисления пути GyroDRM с дополнительными гироскопическими датчиками (рисунок 4).



Рисунок 4 – Модуль DRM-5 [6]

Новая разработка GyroDRM – это умное персональное навигационное устройство. На каждые сто метров пути, ошибка местоположения 1-5 м. Данный модуль может применяться в различных областях – картографии, городской топографии, службы спасения и разведки. В отличие от DRM-3 он имеет улучшенные алгоритмы фильтрации данных от датчиков.

Основные особенности модуля Gyro DRM:

- режим непрерывного позиционирования без провалов;
- работа как с GPS, так и без него;
- типовая точность – 1...2%;
- внутренняя фильтрация Кальмана;
- точность встроенного цифрового компаса не хуже 1°;
- 12-канальный GPS-приёмник;
- запись и хранение информации о координатах;
- не требует подключения внешнего оборудования;
- имеется высотомер;
- сигнал тревоги о магнитных аномалиях.

Алгоритм модуля может учитывать любой положение пользователя и тип движения: от ползания до бега. Устройство также имеет низкое энергопотребления, что даёт возможность постоянно носить его включённым. Высотомер может определить, например, этаж здания, в котором находится пользователь. Благодаря хост-контроллеру может модифицироваться различное программное обеспечение. Таким образом, датчик отлично подходит для

навигации внутри здания. Особенно это полезно для использования солдатами и служащими.

Состав модуля: три датчика гироскопа, три датчика ускорения, три магниторезистивных датчика и барометрический высотомер. Мощность потребления составляет менее 1 Вт. Компактный модуль удобен для встраивания в одежду. На рынке доступна оценочная плата – GyroDRM – готовый блок в корпусе с питанием, встроенным программным обеспечением и поддержкой ОС Windows (рисунок 5).



Рисунок 5 – Модуль GyroDRM, встроенный в пояс, в водозащитном исполнении [6]

Интерфейс для связи с хостом – RS-232. Литий ионный аккумулятор обеспечивает непрерывную работу модуля в течение 8 часов. Внешняя антенна используется для встроенного блока GPS (16 каналов). Модуль может использоваться как регистратор пути. По своим характеристикам прибор отнесён к стратегически важным устройствам навигации. Пока данный модуль не разрешён для продажи вне пределов США.

1.11 GPS-микромодуль uBlox типа TIM-LF

В качестве приёмника GPS в модуле DRM-5 используется микромодуль фирмы uBlox типа TIM-LF. Фирма uBlox выпускает миниатюрный GPS-приёмник, выполненный по технологии ANTARIS. С модулем TIM-LF продолжается эволюция GPS-микросхем. Небольшие размеры модуля (25,4 × 25,4 × 3 мм) дают широкие возможности для его применения в малогабаритных устройствах.

Микромодуль uBlox TIM-LF имеет 16-канальный приёмник GPS, Flash-память на 8 Мбит. Данные модуля обновляются с частотой 4 Гц. Чипсет Antaris GPS Technology содержит:

- ATR0600 RF front-end приёмник;
- ATR0620 процессор обработки данных на базе ARM7TDMI;
- ATR0610 антенный малошумящий усилитель сигнала приёмника. Для

пользовательских приложений доступны следующие ресурсы:

- SRAM;
- Flash;
- порты ввода-вывода;
- интерфейс SPI.

1.12 Базовая система локального позиционирования для пожарных (Primordial Firefighter)

Система Primordial Firefighter обеспечивает позиционирование и трекинг бойцов подразделения пожарных внутри помещений в реальном времени.

С командного пункта пожарного расчёта доступна информация о местонахождении каждого бойца подразделения с привязкой к плану здания (этаж, комната, коридор, лестничный марш). Можно записывать и анализировать действия каждого бойца в процессе выполнения задания на объекте.

Бойцы пожарного подразделения оснащены модулями локального позиционирования и двухсторонней связью. На рисунке 6 показаны места нахождения бойцов. На позиции курсора индицируется имя бойца, этаж, температура в помещении, частота пульса.

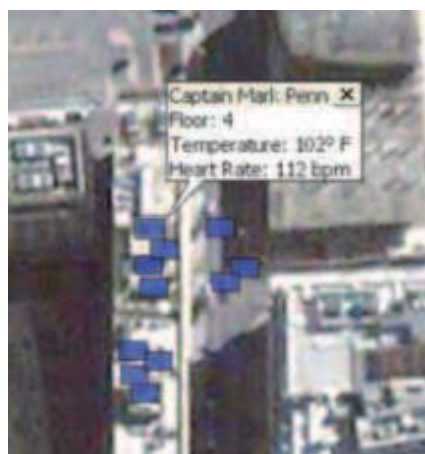


Рисунок 6 – Места нахождения бойцов [6]

Система позиционирования обеспечивает отслеживание траекторий движения всей команды пожарных в реальном времени, а также запись траекторий для последующего анализа действий бойцов. Наличие обратной связи позволяет эффективно руководить слаженностью действий и давать указания по ходу выполнения операции. Встроенная в шлем видеокамера позволяет наблюдать на экране командного терминала то, что видит каждый боец подразделения. Система полезна как в качестве тренажёра, так и в качестве штатного оборудования пожарной команды при реальных действиях. В компьютерах управляющего комплекса используются стандартные операционные системы Windows XP (планшетный компьютер) и Windows Mobile (наладонный компьютер бойца).

1.13 Пешеходная навигационная система NavShoe, встроенная в обувь

Данная система навигации была встроена в пояс пользователя. Также существует концепция встраивания системы навигационного счисления пути в обувь. В обувь также были встроены источник питания, сам датчик и приёмник GPS. Ещё в 1996 г. в проекте DAPRA предполагалась разработка подобной системы военного назначения, однако результаты испытаний той разработки остались неизвестными. Проведённые испытания системы NavShoe, разработанной в 2005 г., показали очень хорошую её точность – на 740 метров

кольцевого маршрута по сложной траектории со спусками и подъемами была зафиксирована ошибка всего 2 м [6].

2 Объект и методы исследования

Пешеходная навигационная система на основе МЭМС-датчиков включает в себя систему датчиков и контроллер, который обеспечивает расчёт курса и пройденного пути. Трёхосевые магниторезистивные датчики позволяют определить направление движения пользователя. Учесть поправки на крен магнитометра помогают датчики гироскопа и акселерометра. Также с помощью акселерометра производится расчёт отдельных дискретных движений, например, шага.

«Сердце» системы – хост-микропроцессор. Он принимает значения векторов от датчиков магнитного поля и значения ускорений от MEMS-акселерометров.

Микроконтроллер позволяет рассчитать векторы направлений и точки изменения траектории, скорость движения, а также выполняет расчёт времени прохождения пути. Последовательные дискретные перемещения составляют длину пути пользователя. Движение может осуществляться как медленным, так и быстрым шагом. Также, учитываются движения назад, в сторону и передвижение по-пластунски. Алгоритм работы навигационной системы должен вычислять векторы направления перемещения, длину дискретного перемещения и распознавать тип перемещения. В памяти микроконтроллера фиксируется двухмерная карта перемещения. С помощью акселерометра решается задача нахождения дискретного перемещения пользователя, - вычисление длины шага.

Для более точной привязки к карте местности может вводиться дополнительная GPS-система.

Соответственно, было решено, что устройство должно включать инерциальный модуль с тремя инерциальными датчиками: гироскопом, акселерометром и магнетометром, данные с модуля снимаются и обрабатываются микроконтроллером, и с помощью беспроводной передачи передатчика и приёмника передаются на другой микроконтроллер для вывода

данных на компьютер. Модуль GPS обеспечивает коррекцию показаний по географическим координатам.

Таким образом, была создана структурная схема пешеходной навигационной системы, представленная на рисунке 7.



Рисунок 7 – Структурная схема

Техническое решение для каждого из элементов выбиралось из соображений малогабаритности, ценовой доступности и удобства пользования.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

В автоматической промышленной, космической области или военной технике навигационные системы (НС) активно развиваются и применяются для решения задачи ориентации и навигации подвижных объектов. На сегодняшний день навигационные системы улучшены и начали использоваться в индивидуальной навигации человека. Потенциальными пользователями устройств индивидуальной навигации являются, как сотрудники служб спасения, скорой помощи, полиции, так и обычные люди. НС позволяют пользователям определять свое местонахождение на земле, в пространстве и пройденный путь, который нужно совершить. Примером навигационной системы является система глобального позиционирования или спутниковая система навигации. Однако спутниковые системы не могут решать всю задачу навигации, поскольку они не обеспечивают информацию о навигации в помещениях внутри здания и условиях плотной застройки города.

Обеспечить полную независимость определения местоположения пешехода от наличия внешних сигналов возможно за счет использования инерциальных МЭМС-датчиков – гироскопов и акселерометров, характеризующихся малыми габаритами и невысокой стоимостью.

Темой данной выпускной квалификационной работы является разработка пешеходной навигационной системы на основе МЭМС-датчиков.

5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для выполнения анализа потребителей навигационной системы был рассмотрен целевой рынок и проведено его сегментирование.

Сегментировать рынок услуг по разработке навигационных систем можно по следующим критериям: пользователи, конкурентоспособность (таблица 2).

Таблица 2 – Карта сегментирования рынка услуг по разработке навигационной системы

		Конкурентоспособность	
		Точность	Стоимость
Пользователи	Крупные (производства, предприятия...)	A, D	B
	Средние (спасательные, военные службы...)	A, D	B
	Мелкие (отд.пользователи)	C	B, C

A. Компания «Геокосмос»;

B. Компания "РосЛаб";

C. ЗАО «КБ НАВИС»;

D. ООО "Глобал НТВ";

В приведенной карте сегментирования видно, что компания "РосЛаб" занимает сегмент рынка, привлекательный для предприятия в будущем.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

В качества конкурента рассмотрим бесплатформенную инерциальную навигационную систему БИНС-500НС. Это малогабаритная инерциальная навигационная система, построенная на базе трех волоконно-оптических

гироскопов (ВОГ), трех акселерометров и спутникового приемника. Предназначена для широкого класса подвижных объектов различного назначения.

Также оценим конкурента БИНС МЭМС «ГЛ-ВГ110». В новом приборе применены передовые решения повышающие, прежде всего, функциональные возможности его применения, а также основные точностные параметры. Вместо 3-х одноосных акселерометров, применен кластер из 4-х трехосных акселерометров, рассчитанных на повышение точности измерений (за счет избыточности) и масштабируемость в диапазоне ускорений до $\pm 40g$.

В состав БИНС введены два новых датчика – баровысотомер (для демпфирования неустойчивого вертикального канала, что особенно актуально для грубых датчиков МЭМС) и трехосный магнитометр (для демпфирования курсового канала).

Добавлен новый высокоскоростной и гальванически развязанный интерфейс Ethernet. Все указанные дополнения выполнены при сохранении габаритно-присоединительных размеров и минимальных изменениях схемы внешних подключений.

Данный анализ целесообразно проводить с помощью оценочной карты (таблица 3).

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:

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (5)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

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. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,08	2	4	3	0,16	0,32	0,24
2. Помехоустойчивость	0,04	5	5	4	0,2	0,2	0,16
3. Энергоэкономичность	0,05	5	4	3	0,25	0,2	0,15
4. Надежность	0,18	5	5	5	0,9	0,9	0,9
5. Простота эксплуатации	0,08	5	3	3	0,4	0,24	0,24
6. Качество интеллектуального интерфейса	0,09	4	4	3	0,36	0,36	0,27
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,06	5	4	3	0,3	0,24	0,18
2. Цена	0,09	5	3	3	0,45	0,27	0,27
3. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	5	5	5	0,45	0,45	0,45
4. Послепродажное обслуживание	0,03	3	4	3	0,09	0,12	0,09
5. Финансирование научной разработки	0,07	5	5	5	0,35	0,35	0,35
6. Срок выхода на рынок	0,06	4	5	4	0,24	0,3	0,24
7. Наличие сертификации разработки	0,08	4	5	4	0,32	0,4	0,32
Итого	1				4,47	4,35	3,86

В таблице 3:

Б_ф – продукт проведенной работы;

Б_{к1} – БИНС-500НС;

Б_{к2} – ГЛ-ВГ110.

По результатам оценочной карты видно, что разрабатываемое устройство не уступает конкурентным техническим решениям.

5.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Матрица SWOT представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Матрица SWOT

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Эргономика. Устройство занимает очень мало места. С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. С4. Удобство в эксплуатации. С5. Автономность.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Большое количество конкурентов Сл2. Невысокая точность Сл3. Слабая система защиты данных Сл4. Ограниченная область использования</p>
<p>Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры в лабораториях ИШНКБ ТПУ; В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при разработке В4. Повышение стоимости конкурентных разработок ...</p>	<p>Невысокая стоимость разработки, а также ее функциональные возможности дадут разработке конкурентное преимущество, которое может создать дополнительный спрос на разработку, и также усилится при снижении таможенных пошлин и повышении стоимости конкурентных разработок, так как при этом увеличится экономичность создания установки.</p>	<p>Привлечение новых потребителей и заказчиков позволит ускорить выход разработки на рынок. Увеличение цены конкурентных разработок повысит интерес к разрабатываемому устройству.</p>
<p>Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Развитая конкуренция технологий производства У3. Ограничения на экспорт технологии У4. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства ...</p>	<p>Имеющиеся функциональные возможности установки и их доработка при относительной экономичности технологии, поможет увеличить конкурентное преимущество и снизить влияние угроз проекта.</p>	<p>При увеличении количества конкурентов и отсутствии спроса на новые технологии выход разработки на рынок может замедлиться.</p>

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа, который состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Интерактивная матрица проекта относительно сильных сторон проекта

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	-	0	+
	B2	+	+	+	+	+
	B3	+	+	+	-	-
	B4	0	+	-	-	+
Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	0	-	+	0	0
	У2	+	+	+	+	+
	У3	-	-	0	-	-
	У4	+	-	+	-	-
У5	-	-	+	+	-	

Таблица 6 - Интерактивная матрица проекта относительно слабых сторон проекта

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	+	+	+
	B2	-	-	-	-
	B3	-	-	-	-

Продолжение таблицы 6

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	
		В4	+	-	-	-
Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	
		У1	+	0	-	-
		У2	+	+	0	+
		У3	+	-	0	-
		У4	-	+	+	+
		У5	-	-	-	-

На основе данных таблиц 5 и 6, дополним матрицу SWOT приведенную в таблице 4.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 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.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Проведение патентных исследований	Инженер
	4	Выбор направления исследований	Руководитель, инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, инженер
Теоретические исследования	6	Проведение теоретических обоснований	Руководитель, Инженер
	7	Проведение моделирования устройства	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка полученных результатов	Инженер
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, инженер
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Инженер
	11	Выбор и расчет компонентов	Инженер
	12	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Руководитель, инженер
Изготовление и испытание макета	13	Сборка макета	Инженер
	14	Испытания макета	Инженер
	15	Оценка результатов испытания макета	Руководитель, инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	16	Составление расчетно-пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Инженер

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (6)$$

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

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

t_{maxi} – 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_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (7)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

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

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

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой (8):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (8)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле (9):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (9)$$

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.

Таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48.$$

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения сведем в таблицу 8. Учтем, что временные показатели для двух исполнений одинаковы, так как проводимые работы

аналогичны, вне зависимости от изменений состава комплектующих для разработки.

Таблица 8 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ожг}$, чел-дни			
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	НР	1,8	3
Подбор и изучение материалов по теме	21	28	23,8	И	23,8	28
Проведение патентных исследований	7	13	9,4	И	9,4	14
Выбор направления исследований	2	4	2,8	НР, И	1,4	2
Календарное планирование работ по теме	2	4	2,8	НР, И	1,4	2
Проведение теоретических обоснований	7	14	9,8	НР, И	4,9	14
Проведение моделирования устройства	5	14	8,6	И	8,6	14
Оценка полученных результатов	1	3	1,8	И	1,8	3
Определение целесообразности проведения ОКР	3	7	4,6	НР, И	2,3	4
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	2	10	5,2	И	5,2	7
Выбор и расчет компонентов	3	10	5,8	И	5,8	7

Продолжение таблицы 8

Название работы	Трудоёмкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни	$t_{ожг}$, чел-дни			
Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	5	10	7	НР, И	3,5	7
Сборка макета	3	7	4,6	И	4,6	7
Испытания макета	7	21	12,6	И	12,6	21
Оценка результатов испытания макета	2	4	2,8	НР, И	1,4	2
Оформление расчетно-пояснительной записки	10	14	11,6	И	11,6	14
Итого:			115		100,1	149

Календарный рейтинг-план представлен в приложении Г (таблица Г.1).

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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.

5.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле (10):

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расхи}, \quad (10)$$

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

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

Π_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 могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Для разрабатываемого устройства существует 2 варианта исполнения с использованием 2-х различных программируемых контроллеров. Материальные затраты, необходимые для разработки в каждом из исполнений, заносятся в таблицы 9 и 10.

Таблица 9 – Материальные затраты проекта для 1-го исполнения

Наименование материала	Количество	Цена за ед., руб. (с учетом <i>кТ</i>)	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Монтажные провода Arduino (набор)	1 шт.	120	120
Программируемый контроллер Arduino Uno R3	2 шт.	780	1560
Инерциальный модуль Тройка IMU 10 DOF	1 шт.	1593	1593
Модуль GPS	1 шт.	600	600
Аккумулятор Li-Ion	1 шт.	1500	1500
Провод Micro-USB	1 шт.	60	60
Комплект передатчик + приемник	1 шт.	300	300
Припой (спираль)	1 шт.	180	180
Флюс ЛТИ-120	1 шт.	120	120
Бумага для принтера А4	1 шт.	150	150
Ручка шариковая	1 шт.	20	20
Итого:			6203

Таблица 10 – Материальные затраты проекта для 2-го исполнения

Наименование материала	Количество	Цена за ед., руб. (с учетом <i>кТ</i>)	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Монтажные провода Arduino (набор)	1 шт.	120	120
Программируемый контроллер Arduino Uno R3	1 шт.	780	780
Модуль на базе ATmega 328 с барометром, гироскопом, магнетометром, акселерометром	1 шт.	2700	2700
Модуль GPS	1 шт.	600	600
Аккумулятор Li-Ion	1 шт.	1500	1500
Провод Micro-USB	1 шт.	60	60
Комплект передатчик + приемник	1 шт.	300	300
Припой (спираль)	1 шт.	180	180
Флюс ЛТИ-120	1 шт.	120	120
Бумага для принтера А4	1 шт.	150	150
Ручка шариковая	1 шт.	20	20
Итого:			6530

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

В данную статью включаются все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ. Т.к. 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 расчета линейного метода начисления амортизации основных средств (ОС), которая имеет следующий вид:

$$A = \frac{\text{Стоимость ОС} \cdot \text{Норма амортизации}}{100\%}. \quad (11)$$

Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Основные производственные фонды

№ п/п	Наименование оборудования	Стоимость оборудования, руб.	Норма амортизации, %	Срок службы оборудования, год	Амортизация ежемесячная, руб/мес.
1.	Ноутбук	35000	25	5	8750
2.	Паяльная станция	5000	6,67	5	333
Итого					9083

5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (12)$$

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

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

Основная заработная плата ($Z_{\text{осн}}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (13)$$

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

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (таблица 8);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (14)$$

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. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 12).

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365

Продолжение таблицы 12

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Количество нерабочих дней	104	104
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48	48
- отпуск	5	5
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	194	194

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (15)$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от Z_{tc});

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

Тарифная заработная плата Z_{tc} находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_T и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии. Расчёт основной заработной платы приведён в таблице 13.

Таблица 13 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	Z_{tc} , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	к.т.н.	35120	0,3	0,2	1,3	68 484	3 671,3	16,7	61 310
Инженер	-	17752	0,3	0,2	1,3	34 616	1 855,7	98,3	182 415
Итого:									243 725

5.2.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

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

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (принят равным 0,12).

Общая заработная плата исполнителей работы представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$З_{\text{осн}}$, руб.	$З_{\text{доп}}$, руб.	$З_{\text{зн}}$, руб.
Научный руководитель	61 310	7357,2	68 667,2
Инженер	182 415	21 889,8	204 304,8
Итого:			272 972

5.2.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 г. №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30 %. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	61 310	7357,2
Студент	182 415	21 889,8
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271	
Итого:	73 975,4	

5.2.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле (18):

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (18)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

При величине коэффициента накладных расходов в размере 16 %, накладные расходы составят для 1-го исполнения: $Z_{\text{накл}} = 57\,861,3$ руб.; для 2-го исполнения $Z_{\text{накл}} = 57\,913,6$ руб.

5.2.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 16.

Таблица 16 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Сумма, руб.	Примечание
	Исп.1.	Исп.2.	
1. Материальные затраты НТИ	6 203	6 530	Пункт 2.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	9 083	9 083	Пункт 2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	243 725	243 725	Пункт 2.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	29 247	29 247	Пункт 2.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	73 975,4	73 975,4	Пункт 2.4.5
6. Накладные расходы	57 861,3	57 913,6	Пункт 2.4.6
7. Бюджет затрат НТИ	420 094,7	420 474	

Как видно из таблицы бюджет затрат проекта составляет около 420 тыс. рублей.

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (19)$$

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).

Максимальная стоимость исполнения составляет 420 474 руб., следовательно, интегральный финансовый показатель разработки для первого и второго исполнения составляет:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{420\,094,7}{420\,474} = 0,999, \quad (20)$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{420\,474}{420\,474} = 1. \quad (21)$$

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 следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (22)$$

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 – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки; устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности приведен в форме таблице 17.

Таблица 17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

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

Продолжение таблицы 17

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2
4. Надежность	0,2	5	5
5. Воспроизводимость	0,2	5	5
6. Материалоемкость	0,15	3	4
Итого:	1		

Таким образом, показатель ресурсоэффективности равен:

$$I_{p-исп.1} = 4 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,15 = 4,6, \quad (23)$$

$$I_{p-исп.2} = 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,15 = 4,55. \quad (24)$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.1}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп.1}}{I_{финр}} = \frac{4,6}{0,999} = 4,604, \quad (25)$$

$$I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп.2}}{I_{финр}} = \frac{4,55}{1} = 4,55. \quad (26)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср1} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} = \frac{4,604}{4,55} = 1,01, \quad (27)$$

$$\mathcal{E}_{ср2} = \frac{I_{исп.2}}{I_{исп.1}} = \frac{4,55}{4,604} = 0,99. \quad (28)$$

Таблица 18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,999	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,55
3	Интегральный показатель эффективности	4,604	4,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,01	0,99

По полученным показателям эффективности разработки можно сказать, что реализация проекта в исполнении 1 более эффективна.

5.4 Выводы по разделу

В ходе выполнения раздела финансового менеджмента были рассмотрены основные конкурентные преимущества и целесообразность выполняемой разработки, составлен календарный план выполнения работ по ВКР, был рассчитан бюджет всех затрат проекта, и также было проведено сравнение интегральных показателей эффективности для двух исполнений разработки.

При рассмотрении коммерческого потенциала разработки можно говорить о том, что разработка конкурентоспособна и имеет возможность занять свою нишу на рынке. По полученным финансовым показателям бюджета проекта видно можно увидеть, что основную статью расходов составляют расходы на основную заработную плату. По показателям эффективности разработки, наиболее эффективной оказалось создание разработки в исполнении 1, однако различия в показателях эффективности для двух исполнений не критичны.

6 Социальная ответственность

Выпускная квалификационная работа направлена на разработку пешеходной навигационной системы на основе МЭМС датчиков. Данное устройство предназначено для ориентирования пользователя в пространстве и отслеживание его передвижения. Инерциальные навигационные системы на основе МЭМС-датчиков позволяют снизить воздействие внешних сигналов на качество навигационной информации.

Одним из основных направлений развития и совершенствования пешеходных навигационных систем является увеличение их точности и надёжности.

6.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

6.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны)

правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197-ФЗ работник аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, имеет право на [17]:

- а) рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- б) обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- в) отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- г) обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- д) внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра.

6.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Рабочее место в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Оно должно занимать площадь не менее 4,5 м², высота помещения 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 720 мм. Оптимальные размеры поверхности стола 1600 x 1000 кв. мм. Под столом должно быть пространство для ног с размерами по глубине 650 мм. Рабочий стол должен также иметь подставку для ног, расположенную под углом 15° к поверхности стола. Длина подставки 400 мм, ширина – 350 мм. Удаленность клавиатуры от края стола должна быть не более 300 мм, что обеспечит удобную опору для предплечий. Расстояние между глазами оператора и экраном видеодисплея 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 [18].

Рабочее место сотрудника аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, соответствует требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

6.2 Производственная безопасность

6.2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов

Разрабатываемое устройство подразумевает использование ПК и паяльной станции, с точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при проектировании, разработке программной части устройства и изготовлении макета, а также требования по организации рабочего места.

Перечень опасных и вредных факторов представлен в таблице 19. При выборе потенциально возможных вредных и опасных факторов использовался

ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [19].

Таблица 19 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	СП 52.13330.2016
2. Неудовлетворительный микроклимат	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96 ГОСТ 30494-2011
3. Повышенный уровень шума на рабочем месте	+	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ
4. Короткое замыкание	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ
5. Повышенный уровень статического электричества	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ
6. Термическая опасность		+		ТИ Р М-075-2003
7. Повышенный уровень напряженности электростатического поля	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ
8. Вредные вещества		+		ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ
9. Поражение электрическим током		+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ
10. Нервно-психические перегрузки, в том числе эмоциональные перегрузки и монотонность трудового процесса	+	+	+	ГОСТ 12.0.003-2015
11. Физические перегрузки	+	+		ГОСТ 12.0.003-2015

6.2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

Электробезопасность

Согласно ПУЭ основными причинами электротравматизма являются прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением, прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящихся под напряжением, короткое замыкание, ошибочное включение

электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала, статическое электричество и др [20].

Основными техническими средствами защиты являются защитное заземление, автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения, изолирующие электрозащитные средства, знаки и плакаты безопасности. Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности. Работники, выполняющие пайку паяльником, должны иметь II группу по электробезопасности.

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещается рабочее место с ЭВМ и паяльной станцией в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, оборудование должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии ПУЭ.

Уровень напряжения для питания ЭВМ в данной аудитории 220 В. По опасности поражения электрическим током помещение 107а, 4 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 21-24°, с влажностью 40-60 %) [20].

Использование ПК может привести к наличию таких факторов, как повышенный уровень статического электричества, высокая напряжённость электростатического поля. Согласно СанПиН 1.2.3685-21 допустимые уровни электростатических полей в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, создаваемых ЭВМ, не должны превышать значений, представленных в таблице 20 [21].

Таблица 20 – Предельно допустимые уровни электростатического поля на рабочих местах

Наименование параметра	Предельно допустимые уровни (ПДУ)	Условие
Напряженность электростатического поля	60 кВ/м	При воздействии менее 1ч.,
	20 кВ/м	При воздействии 8 ч

Уровни ЭСП на рабочем месте аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, представленные в таблице, соответствуют нормам [22].

Для защиты от повышенного уровня статического электричества применяют: заземляющие устройства, нейтрализаторы, увлажняющие устройства, антиэлектростатические вещества, экранирующие устройства.

Таким образом, разработанные мероприятия обеспечивают безопасную эксплуатацию электроустановок в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ [20].

Освещение

В помещении имеется естественное (боковое одностороннее) и искусственное освещение. Рабочие столы размещены таким образом, чтобы видеодисплейные терминалы были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева.

Искусственное освещение в помещениях для эксплуатации ЭВМ осуществляется системой общего равномерного освещения. В аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, в случаях работы с документами, следует применять системы комбинированного освещения (к общему освещению дополнительно устанавливаются светильники местного освещения, предназначенные для освещения зоны расположения документов). Согласно СанПиН 1.2.3685-21 при общем искусственном освещении освещенность должна быть 300-500 лк. Коэффициент пульсации освещенности не более 15% [21].

В качестве источников света применяются светодиодные светильники или мателлогалогенные лампы, использующиеся в качестве местного освещения. Согласно ТИ Р М-075-2003 для рабочего места в паяльной станции необходимо местное освещение со светильниками с непросвечивающими отражателями. Светильники должны располагаться таким образом, чтобы их светящие элементы не попадали в поле зрения работников. Устройство для крепления светильников местного освещения должно обеспечивать фиксацию светильника во всех необходимых положениях. Подводка электропроводов к

светильнику должна находиться внутри устройства. Открытая проводка не допускается [23].

Согласно ГОСТ 12.2.032-78 освещение в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, соответствует допускам СОУТ ТПУ 2019 [22].

Шум

При работе с ЭВМ в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, характер шума – широкополосный с непрерывным спектром более 1 октавы. В таблице 21 приведены предельно допустимые уровни звуковых параметров типичные для рассматриваемой трудовой деятельности [24].

Таблица 21 – Предельно допустимые уровни звуковых параметров типичные для рассматриваемой трудовой деятельности

Назначение помещений или территории	Уровни звукового давления (эквивалентные уровни звукового давления), дБ, в октавных полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровень звука (эквивалентный уровень звука), дБА	Максимальный уровень звука, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Рабочие помещения административно-управленческого персонала производственных предприятий, лабораторий, помещения для измерительных и аналитических работ	93	79	70	63	58	55	52	50	49	60	75

Максимальный уровень шума согласно СП 51.13330.2011 в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ соответствует допускам СОУТ ТПУ 2019 [22].

Микроклимат

Для создания и автоматического поддержания в аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха.

Аудитория 107а, 4 корпуса ТПУ, является помещением I б категории. Оптимальные величины интенсивности теплового облучения работающих на рабочих местах представлены в таблице 22 [21].

Таблица 22 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	I б (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	I б (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

В аудитории проводится ежедневная влажная уборка и систематическое проветривание после каждого часа работы на ЭВМ.

Микроклимат аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ соответствует оптимальным нормам [22].

Термическая опасность

Во время работы с паяльной станцией во избежание получения травм и ожогов необходимо соблюдать «Межотраслевую типовую инструкцию по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником». Согласно данной инструкции необходимо соблюдать следующие указания [23]:

1. 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;

2. Работники, выполняющие пайку паяльником, должны иметь II группу по электробезопасности;

3. В случае возникновения в процессе пайки паяльником каких-либо вопросов, связанных с ее безопасным выполнением, работник должен обратиться к своему непосредственному или вышестоящему руководителю;

4. Работники, занятые пайкой паяльником, обязаны соблюдать правила внутреннего трудового распорядка организации;

5. Работники, занятые пайкой паяльником, должны обеспечиваться средствами индивидуальной защиты;

6. Работы с вредными и взрывопожароопасными веществами при нанесении припоев, флюсов, паяльных паст, связующих и растворителей должны проводиться при действующей общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Системы местных отсосов должны включаться до начала работ и выключаться после их окончания;

7. Паяльник должен проходить проверку и испытания в сроки и объемах, установленных технической документацией на него;

8. Класс паяльника должен соответствовать категории помещения и условиям производства;

9. Кабель паяльника должен быть защищен от случайного механического повреждения и соприкосновения с горячими деталями.

В аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, в рабочей зоне с паяльной станцией присутствует местная вытяжная вентиляция, дополнительное искусственное освещение, а также приборы, позволяющие закреплять или держать элементы, предназначенные для пайки, что ограничивает возможность контакта поверхности кожи человека с нагретыми элементами конструкции печатного узла.

Вредные вещества

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должно превышать предельно допустимых концентраций (ПДК), используемых при проектировании производственных зданий, технологических процессов, оборудования, вентиляции, для контроля над качеством производственной среды и профилактики неблагоприятного воздействия на здоровье работающих [25].

Содержание вредных веществ в воздухе рабочей зоны подлежит систематическому контролю для предупреждения возможности превышения предельно допустимых концентраций - максимально разовых рабочей зоны (ПДК_{мр.рз}) и среднесменных рабочей зоны (ПДК_{сс.рз}). Величины ПДК_{мр.рз} и ПДК_{сс.рз} приведены в таблице 23.

Таблица 23 – Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны

Наименование вещества	Величина ПДК, мг/м ³	Преимущественное агрегатное состояние в условиях производства	Класс опасности	Особенности действия на организм
1. Азота диоксид	2	п	III	О
2. Азота оксиды (в пересчете на NO ₂)	5	п	III	О
3. Алюминий и его сплавы (в пересчете на алюминий)	2	а	III	Ф
4. Ацетон	200	п	IV	
5. Керосин (в пересчете на С)	300	п	IV	
6. Медь	1/0,5	а	II	
7. Меди соли (хлорная, хлористая, сернокислая) по меди	0,5	а	II	
8. Полиэтилен	10	а	IV	
9. Свинец и его неорганические соединения (по свинцу)	0,01/0,005	а	I	
10. Спирт этиловый	1000	п	IV	
11. Углерода оксид	20	п	IV	О
12. Этилацетат	200	п	IV	

Примечания:

1. Если в графе «Величина ПДК» приведены две величины, то это означает, что в числителе максимальная, а в знаменателе - среднесменная ПДК.
2. Условные обозначения.

п - пары и/или газы;

а - аэрозоль;

О - вещества с остронаправленным механизмом действия, требующие автоматического контроля за их содержанием в воздухе;

Ф - аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

При работе с паяльником следует соблюдать приведенные выше указания из «Межотраслевой типовой инструкции по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником» [23].

Нервно-психические перегрузки

Нервно-психические перегрузки подразделяются на следующие: умственное перенапряжение; перенапряжение анализаторов; монотонность труда; эмоциональные перегрузки.

При первых симптомах психического перенапряжения необходимо:

а) дать нервной системе расслабиться;

б) рационально чередовать периоды отдыха и работы (регламентированные перерывы);

в) начать заниматься спортом;

г) ложиться спать в одно и то же время;

д) в тяжелых случаях обратиться к врачу.

Физические перегрузки

При физических перегрузках необходимо уменьшить величину нагрузки на нервно-мышечную систему работников за счет частичного изменения технологии, малой механизации ручных операций, оптимизации режимов труда и отдыха с помощью регламентированных перерывов, рационализации рабочих мест, строгого соблюдения установленных производителем эргономических характеристик машин и оборудования, применения различных защитных приспособлений и оснастки.

6.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

6.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

Навигационная система представляет собой печатные узлы, объединённые проводниками. В отходах электронного и электротехнического оборудования содержатся тяжелые металлы (барий, стронций, кадмий, свинец), литий (в литиевых, литий-ионных и литий-полимерных аккумуляторах) [26]. Это очень вредные вещества, которые не должны попадать на свалку после истечения срока использования, а должны правильно утилизироваться.

Утилизация компьютерного оборудования осуществляется по специально разработанной схеме, которая должна соблюдаться в организациях:

1. На первом этапе необходимо создать комиссию, задача которой заключается в принятии решений по списанию морально устаревшей или не рабочей техники, каждый образец рассматривается с технической точки зрения.
2. Разрабатывается приказ о списании устройств.
3. Составляется акт утилизации, основанного на результатах технического анализа, который подтверждает негодность оборудования для дальнейшего применения.
4. Формируется приказ на утилизацию.
5. Утилизацию оргтехники обязательно должна осуществлять специализированная фирма.
6. Получение специальной официальной формы, подтверждающей успешное уничтожение электронного мусора.

После оформления всех необходимых документов, компьютерная техника вывозится со склада на перерабатывающую фабрику. Все полученные в

ходе переработки материалы вторично используются в различных производственных процессах [27].

6.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

Процесс исследования представляет собой работу с информацией, такой как технологическая литература, статьи, ГОСТы и нормативно-техническая документация, а также проектирование и моделирование работы устройства с помощью различных программных комплексов. Таким образом, необходимо создать санитарно-защитную зону, произвести отдельный сбор и хранение отходов, решить вопрос их утилизации или захоронения. Согласно ФЗ «Об отходах производства и потребления» [28] для этого необходимо заключить договор с экологическим оператором на сбор, утилизацию, захоронение и переработку отходов.

Вышедшее из строя ПЭВМ и сопутствующая оргтехника относится к IV классу опасности и подлежит специальной утилизации. Для оказания наименьшего влияния на окружающую среду, экологический оператор должен провести специальную процедуру утилизации ПЭВМ и оргтехники, при которой более 90% отправится на вторичную переработку и менее 10% будут отправлены на свалки. При этом она должна соответствовать процедуре утилизации ГОСТ Р 53692-2009 [29].

В ходе исследования также накапливается бытовой мусор (макулатура, ветошь, искусственные источники освещения), который должен быть утилизирован в соответствии с определенным классом опасности или переработан, чтобы не оказывать негативное влияние на состояние литосферы.

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

6.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Наиболее распространенными источниками возникновения чрезвычайных ситуаций являются: пожары, взрывы; внезапное обрушение

зданий, сооружений; метеорологические и агрометеорологические опасные явления. Так как объект исследований представляет собой печатные узлы, сборка которых осуществляется при помощи паяльной станции, то наиболее вероятной ЧС в данном случае можно назвать пожар в аудитории с используемой паяльной станцией в период сборки устройства.

В аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ, применяется дорогостоящее оборудование, не горючие и не выделяющие дым кабели. Таким образом, возникновение пожаров происходит из-за человеческого фактора, в частности, из-за несоблюдения правил пожарной безопасности.

Соблюдение современных норм пожарной безопасности позволяет исключить возникновение пожара в рабочей комнате [30].

Согласно СП 486.1311500.2020 предел огнестойкости помещения должен быть следующим: перегородки - не менее REI 45, стены и перекрытия - не менее REI 45. Т.е. в условиях пожара помещение должно оставаться герметичным в течение 45 минут, препятствуя дальнейшему распространению огня.

При разработке проекта необходимо учесть, что автоматическая установка пожаротушения (АУПТ) должна быть обеспечена электропитанием по первой категории.

Согласно СП 485.1311500.2020 в системах воздуховодов общеобменной вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха защищаемых помещений следует предусматривать автоматически закрывающиеся при обнаружении пожара воздушные затворы (заслонки или противопожарные клапаны).

Работы с вредными и взрывопожароопасными веществами при нанесении припоев, флюсов, паяльных паст, связующих и растворителей должны проводиться при действующей общеобменной и местной вытяжной вентиляции. Системы местных отсосов должны включаться до начала работ и выключаться после их окончания.

6.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При проведении исследований наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара в помещении 107а, 4 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями. Основные источники возникновения пожара:

1) Неисправное 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.

2) Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.

3) Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров. Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

а) обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (проведение инструктажей);

б) пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

в) обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода [31].

Согласно ФЗ-123, НПБ 104-03 «Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара должны быть установлены дымовые оптико-электронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей [32]. Аудитория 107а, 4 корпуса ТПУ, оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт., ОП-3, 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е). В таблице 24 приведены типы огнетушителей, используемых при возгорании в электроустановках.

Таблица 24 – Типы используемых огнетушителей при пожаре в электроустановках

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

Согласно НПБ 105-03 помещение, предназначенное для проектирования и использования результатов проекта, относится к типу П-2а (таблица 25).

Таблица 25 – Категории помещений по пожарной опасности

Категория помещения	Характеристика веществ и материалов, находящихся (обращающихся) в помещении
П-2а	Зоны, расположенные в помещениях, в которых обращаются твердые горючие вещества в количестве, при котором удельная пожарная нагрузка составляет не менее 1 мегаджоуля на квадратный метр.

В корпусе 4 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения возгорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, позвонить в пожарную службу, принять меры

тушения (на начальной стадии), и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствии с планом эвакуации.

6.5 Выводы по разделу

В результате выполнения данного раздела были изучены права работника и проверено рабочее место сотрудника аудитории 107а, 4 корпуса ТПУ на соответствие требованиям ГОСТ 12.2.032-78.

Во втором подразделе были рассмотрены вредные и опасные факторы, возникающие в процессе разработки пешеходной навигационной системы на основе МЭМС датчиков, и изучены мероприятия по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов.

В третьем подразделе был проанализирован характер воздействия проектируемого источника на окружающую среду. Выявлены предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

В четвертом подразделе были проанализированы вероятные ЧС, которые может инициировать объект исследований и которые могут возникнуть при проведении исследований. В обоих случаях наиболее вероятно возникновение пожара. Были обоснованы мероприятия по предотвращению данной ЧС.

Таким образом, в случае внедрения вышеизложенных методов возможно предотвращение влияния вредных и опасных факторов на человека и экологию и рабочее место будет соответствовать нормативно-технической документации.

Заключение

В ходе выполнения ВКР был произведён литературный обзор пешеходных навигационных систем, разработана схема электрическая принципиальная, выполнен подбор и расчёт необходимых компонентов.

Также было проведено моделирование навигационной системы для расчёта траектории движения человека в программе MatLab Simulink. В результате метода оценки движения человека погрешность местоположения не превышала 50 см.

В программной среде Arduino IDE написан программный код вывода углов ориентации устройства и значений ускорений относительно собственных осей датчика. При сравнении данных со значениями разметки на поворотном стенде результаты не отличались от заданных более чем на 3%.

Планируется продолжить работу в данном направлении: собрать отдельные функциональные части устройства в единое; написать программный код для вывода навигационных параметров в виде траектории перемещения на экране компьютера.

Список используемых источников

1. Навигационная система: сайт. – URL: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1572123> (дата обращения: 21.02.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
2. Инерциальная система навигации: сайт. – URL: https://www.nngasu.ru/geodesy/classification/chastnye-klassifikatsii/11_Inercialnie_sistemi.php (дата обращения: 21.02.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
3. Магнитометры: принцип действия, компенсация ошибок: сайт. – URL: <https://www.rlocman.ru/review/article.html?di=143960> (дата обращения: 21.02.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Невзоров, А.А. Исследование параметрических методов обработки и интерпретации экспериментальных данных магнитометрических устройств дистанционной диагностики: научный доклад. ФГАОУ ВО «Волгоградский государственный университет». – Волгоград, 2018. – 66 с.: ил.
5. Самарин, А.А. Навигационные системы для локального позиционирования. – Современная электроника. 81 выпуск, номер 6, 2006. – 17 с.
6. Горенштейн, И.А. Инерциальные навигационные системы. – М.: Машиностроение, 1970. – 232 с.: ил.
7. 10 DOF IMU Sensor (C), Датчик сочетающий в себе гироскоп, акселерометр, магнетометр и барометр (отслеживает 10 параметров): сайт. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/10-dof-imu-sensor-c> (дата обращения: 14.03.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
8. MOD-MPU6050, MEMS 3-осевой гироскоп и 3-осевой акселерометр с интерфейсом UEXT и I2C: сайт. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/mod-mpu6050> (дата обращения: 14.03.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

9. Troyka-IMU 10 DOF, Датчик 10-степеней свободы на основе LIS331DLH, L3G4200D, LIS3MDL, LPS331AP для Arduino проектов: сайт. – URL: https://www.chipdip.ru/product/troyka-imu-10-dof?from=suggest_product (дата обращения: 16.03.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
10. Модуль ESP8266-01 WiFi: сайт. – URL: <https://mcustore.ru/store/moduli-svyazi/modul-wifi-esp8266/> (дата обращения: 16.03.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
11. 433MHz KIT transceiver, Комплект передатчик + приемник 433МГц для Arduino продуктов: сайт. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/433mhz-kit-transceiver> (дата обращения: 16.03.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
12. A-BLOCK Model: 2.1, Аккумуляторная сборка Li-Ion, 2200mAh 7.4V: сайт. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/a-block-model-2.1> (дата обращения: 16.03.20). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
13. Arduino Power Shield Li-Ion, Аккумулятор Li-Ion 1800 мА ч для Arduino проектов: сайт. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/arduino-power-shield-li-ion> (дата обращения: 16.03.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
14. Troyka-GPS/GLONASS V2, Приёмник GPS/GLONASS со встроенной антенной: сайт. – URL: <https://www.chipdip.ru/product/troyka-gps-glonass-v2> (дата обращения: 16.03.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
15. GPS-приемник GY-GPS6MV1 на базе чипа Ublox 6M: сайт. – URL: <https://www.mini-tech.com.ua/gps-priemnik-gy-gps6mv1> (дата обращения: 16.03.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
16. IMU-сенсор на 10 степеней свободы v2 (Troyka-модуль): сайт. – URL: https://amperka.ru/product/troyka-imu-10dof?utm_source=man&utm_campaign=troyka-imu-10-dof-v2&utm_medium=wiki#projects (дата обращения: 16.03.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

17. Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 30 апреля 2021 года) (редакция, действующая с 1 мая 2021 года): Федеральный закон № 197-ФЗ: [принят Государственной думой 30 декабря 2001 года]: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664?section=text> (дата обращения: 18.04.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

18. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования, 2001: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> (дата обращения: 18.04.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

19. ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация, 2015: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200136071> (дата обращения: 18.04.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

20. Правила устройства электроустановок. Все действующие разделы шестого и седьмого изданий. – М.: Кодекс, 2001. – 692 с.

21. СанПиН 1.2.3685-21. "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания", 2021: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 18.04.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

22. Специальная оценка условий труда в Томском политехническом университете: сайт. – URL: <https://portal.tpu.ru/departments/otdel/oot/Tab1> (дата обращения: 18.04.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

23. ТИ Р М-075-2003. Межотраслевая типовая инструкция по охране труда для работников, занятых пайкой и лужением изделий паяльником, 2003: сайт. – URL <https://docs.cntd.ru/document/901899291> (дата обращения: 18.04.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

24. СП 51.13330.2011. Защита от шума, 2011: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200084097> (дата обращения: 18.04.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

25. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны, 1988: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения: 18.04.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

26. Джусупова, Д.Б. Образование и утилизации электронных отходов как экологическая проблема современности // *Norwegian Journal of development of the International Science*. – Осло, 2018 г. – 15 с.

27. Необходимость утилизации компьютерной техники: сайт. – URL: https://vtorothodi.ru/utilizaciya/utilizacija_kompjuterov (дата обращения: 10.05.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

28. ГОСТ Р 53692-2009. Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов, 2009: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200081740> (дата обращения: 10.05.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

29. ГОСТ Р 22.0.02-2016. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Термины и определения основных понятий, 2016: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200139176> (дата обращения: 10.05.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

30. СП 485.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования, 2020: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573004280> (дата обращения: 10.05.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

31. Технический регламент "О требованиях пожарной безопасности" от 22.07.08 г. N 123-ФЗ: сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902111644> (дата обращения: 10.05.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

32. НПБ 104-03 Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях (Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях): сайт. – URL:

<https://docs.cntd.ru/document/901866573> (дата обращения: 10.05.21). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

**Приложение Г
(обязательное)**

Календарный план-график проведения НИОКР

Таблица Г.1 – Календарный план-график проведения НИОКР

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
				январь		февраль			март			апрель			май			
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление ТЗ	НР	3	■														
2	Изучение литературы	И	28	■	■													
3	Патентный поиск	И	14			■	■											
4	Выбор направления исследования	НР, И	2				■											
5	Календарное планирование работ по теме	НР, И	2				■											
6	Проведение теоретических обоснований	НР, И	14				■	■										
7	Проведение моделирования устройства	И	14						■	■								
8	Оценка полученных результатов	И	3							■								
9	Определение целесообразности проведения ОКР	НР, И	4							■	■							
10	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	И	7								■	■						
11	Выбор и расчет компонентов	И	7									■	■					
12	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	НР, И	7										■	■				
13	Сборка макета	И	7											■	■			
14	Испытания макета	И	21												■	■	■	
15	Оценка результатов испытания макета	НР, И	2														■	
16	Оформление отчета	И	14														■	

■ - Научный руководитель ВКР; ■ - Инженер (студент-дипломник).