

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

Институт Неразрушающего контроля
Направление подготовки Приборостроение
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы	
Разработка лазерного триангуляционного профилометра для контроля профиля железнодорожных рельсов	

УДК 625.143:620.179.118.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5Б	Бугаев Евгений Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ФМПК	Федоров Е. М.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. менеджмента	Николаенко В. С.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Анищенко Ю. В.	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФМПК	Суржиков А. П.	д.ф.-м.н., профессор		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P1	Способность совершенствовать и повышать свой интеллектуальный и общекультурный уровень и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире;	Требования ФГОС (ОК-1) Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Способность адаптироваться к новым ситуациям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности в понимании сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области.	Требования ФГОС (ОК-1,2, ПК-19) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом; эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей; в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-2, ПК-12,13,16-18,12,22) Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности; разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности в областях контроля качества продукции предприятий измерительной техники и точного приборостроения; приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности умения непосредственно не связанных со сферой деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2, ОПК-2, ПК-10,19) Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P5	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности при разработке средств измерения и контроля, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования в приборостроении.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-5-7), Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P6	Умение профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы в соответствии с целями магистерской программы, организовывать технологическую подготовку производства приборных систем различного назначения и принципа действия, разрабатывать и внедрять новые технологические процессы с использованием гибких САПР и оценивать их экономическую эффективность и инновационные риски при их внедрении.	Требования ФГОС (ОПК-3, ПК-5,6,8,20), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Способность проектировать приборные системы и технологические процессы с использованием средств САПР и опыта разработки конкурентоспособных изделий; осуществлять проектную деятельность в профессиональной сфере на основе системного подхода.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-5,10,13,22), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Умение разрабатывать методики проведения теоретических и экспериментальных исследований по анализу, синтезу и оптимизации методов измерения контроля и диагностики, используемых в приборостроении; способность разработать и проводить оптимизацию натурных экспериментальных исследований приборных систем с учётом критериев надёжности; использовать результаты научно-исследовательской деятельности и пользоваться правами на объекты интеллектуальной собственности.	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-7,14,15) ПК-2,26,27,28) Критерий 5 АИОР (п.2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Умение организовывать современное метрологическое обеспечение технологических процессов производства приборных систем и разрабатывать новые методы контроля качества выпускаемой продукции и технологических процессов; решать экономические и организационные задачи технологической подготовки приборных систем и выбирать	Требования ФГОС (ОК-2, ПК-2,6,14,20) Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
	системы обеспечения экологической безопасности в производстве и при технологическом контроле.	
P10	Способность проектировать математические модели анализа и оптимизации объектов исследования, выбирать численные методы их моделирования или разработать новый алгоритм решения задачи; выбирать оптимальные методы и программы экспериментальных исследований и испытаний, проводить измерения с выбором современных технических средств и обработкой результатов измерений.	Требования ФГОС (ОК-1,2, ОПК-2, ПК-1,2,6,13) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Способность формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных и патентных и других источников; разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию на объекты приборостроения, а также осуществлять системные мероприятия по реализации разработанных проектов и программ; составлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам исследовательской деятельности	Требования ФГОС (ОПК-1,3, ПК-3,4,9,11) Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) – Приборостроение
Кафедра физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ФМПК ИНК

«15» сентября 2015 г.
Суржиков А. П.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ5Б	Бугаеву Евгению Александровичу

Тема работы:

Разработка лазерного триангуляционного профилометра для контроля профиля железнодорожных рельсов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 15.12.2015 № 9728/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2017 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <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>	Объектом исследования является лазерный триангуляционный профилометр, состоящий из механического модуля, модуля сбора и предварительной обработки данных и модуля обработки и отображения данных. Использование данного прибора будет предназначено для контроля профиля железнодорожных рельсов, находящихся в эксплуатации. Оптический датчик Призма LS5. Оптический датчик угла HEDS-5500 I12.
---	--

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>	Обзор аналогов, разработка схемы платы сбора данных, разработка алгоритма и программы для платы сбора данных, разработка математического аппарата обработки результатов измерения и расчета степени износа рельса, проверка адекватности результатов измерения.										
Перечень графического материала	Приложение Б – Функциональная схема платы сбора данных Приложение В – Электрическая принципиальная схема платы сбора данных										
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i> <table> <tr> <th>Раздел</th><th>Консультант</th></tr> <tr> <td>Основная часть ВКР</td><td>Федоров Евгений Михайлович</td></tr> <tr> <td>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</td><td>Николаенко Валентин Сергеевич</td></tr> <tr> <td>Социальная ответственность</td><td>Анищенко Юлия Владимировна</td></tr> <tr> <td>Часть ВКР на английском языке</td><td>Вебер Юлия Юрьевна</td></tr> </table> Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: Разработка алгоритма математической обработки данных		Раздел	Консультант	Основная часть ВКР	Федоров Евгений Михайлович	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич	Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна	Часть ВКР на английском языке	Вебер Юлия Юрьевна
Раздел	Консультант										
Основная часть ВКР	Федоров Евгений Михайлович										
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Николаенко Валентин Сергеевич										
Социальная ответственность	Анищенко Юлия Владимировна										
Часть ВКР на английском языке	Вебер Юлия Юрьевна										

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	15 сентября 2015 г.
--	---------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ФМПК	Федоров Евгений Михайлович	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5Б	Бугаев Евгений Александрович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ5Б	Бугаеву Евгению Александровичу

Институт	Институт неразрушающего контроля	Кафедра	Физических методов и приборов контроля качества
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	12.04.01 Приборостроение

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Оценка финансовых и человеческих ресурсов. Работа с информацией, представленной в научных публикациях, аналитических материалах, изданиях, нормативно-правовых документах, проведение исследований.
---	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка перспективности проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.	SWOT-анализ (Оценка готовности проекта к коммерциализации, Инициация проекта, План проекта, Бюджет научного исследования, Оценка сравнительной эффективности исследования).
---	---

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	13.03.2017
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Николаенко Валентин Сергеевич			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5Б	Бугаев Евгений Александрович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ5Б	Бугаеву Евгению Александровичу

Институт	ИНК	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	12.04.01 Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является лазерный триангуляционный профилометр для контроля состояния железнодорожных рельсов. Применение прибора планируется на железнодорожных путях, находящихся в эксплуатации.
--	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	Рабочий процесс проводится в научной лаборатории, где могут быть такие вредные факторы как: повышенный уровень шума и электромагнитных излучений, лазерное излучение, недостаточная освещенность рабочей зоны. В ходе выполнения работы возможно поражение электрическим током, а также травмы, связанные с острыми краями и движущимися механизмами прибора.
2. Экологическая безопасность	Проведение исследования сопровождается выделением вредных газов при пайке металлов и сплавов. Также при разработке конструкции остаются излишки материала.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Возможно возникновение пожара.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Рациональная планировка рабочей зоны, требования к основным элементам рабочего места: рабочий стол, рабочий стул, профилометр, объект контроля.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Анищенко Ю.В.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5Б	Бугаев Евгений Александрович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 99 с., 32 рис., 29 табл., 16 источников, 4 прил.

Ключевые слова: профилометр, метод лазерной триангуляции, оптический датчик, износ рельса, профиль рельса, плата сбора данных.

Объектом исследования является переносной рельсовый профилометр.

Цель работы – разработка переносного рельсового профилометра.

В процессе исследования проводился обзор существующих аналогов, работы по разработке платы сбора данных, алгоритма работы и программного кода для разработанной платы, разработка алгоритма математической обработки данных.

В результате исследования разработан работоспособный прототип устройства.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: время автономной работы 8 часов, погрешность измерения не более 0,15 мм.

Степень внедрения: разработанное устройство готово к эксплуатации.

Область применения: обслуживание железнодорожных путей.

Экономическая эффективность/значимость работы заключается в импортозамещении, разработке более дешевых аналогов устройства.

В будущем планируется дальнейшая модернизация устройства, оптимизация программного кода, разработка приложения под Android OS.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

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

ГОСТ 12.2.048–80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

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

СНиП 23–05–95 Естественное и искусственное освещение.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.

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

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

ГОСТ Р 51685–2000 Рельсы железнодорожные. Общие технические условия

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

энкодер: Датчик угла поворота, устройство, предназначенное для преобразования угла поворота вращающегося объекта (вала) в электрические сигналы, позволяющие определить угол его поворота.

оптический датчик: Триангуляционный лазерный датчик, предназначенный для бесконтактного измерения расстояния.

оптический профилометр: Устройство, предназначенное для измерения профиля рельса, в котором в качестве измерительного органа используется оптический датчик.

Оглавление

Введение.....	14
1. Обзор аналогов	15
1.1 Контактные способы контроля профиля рельса.....	15
1.2 Бесконтактные способы контроля профиля рельса.....	18
1.3 Выводы по разделу	21
2. Разработка и обоснование электрической функциональной схемы	23
3. Разработка, обоснование и расчет электрической принципиальной схемы ...	24
3.1 Выбор микроконтроллера и его характеристики.....	21
3.2 Выбор лазерного датчика, его подключение и характеристики	25
3.3 Выбор энкодера, его подключение и характеристики	28
3.4 Выбор Wi-Fi модуля, его подключение и характеристики.....	29
3.5 Выбор модуля внешней памяти, его подключение и характеристики	31
3.6 Выбор индикаторов, и их подключение	32
3.7 Выбор источника питания.....	33
3.8 Выводы по разделу	35
4. Конструкторско-технологическая часть.....	36
5. Разработка алгоритма математической обработки данных.....	40
5.1 Преобразование в декартовы координаты.....	40
5.2 Алгоритм расчета параметров износа рельса	43
5.3 Проверка адекватности результатов измерения	45
5.4 Проверка точности расчета параметров износа	47
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	49
6.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	49

6.2 SWOT-анализ.....	51
6.3 Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования	54
6.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации.....	54
6.5 Инициация проекта	56
6.6 План проекта.....	58
6.7 Бюджет научного исследования	60
6.7.1 Специальное оборудование для научных работ	60
6.7.2 Основная заработная плата	61
6.7.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала и отчисление на социальные нужды.....	63
6.7.4 Прочие расходы.....	64
6.7.5 Накладные расходы	65
6.7.6 Группировка затрат по статьям	65
6.8 Оценка сравнительной эффективности исследования.....	66
7. Социальная ответственность	69
7.1 Введение.....	69
7.2 Производственная безопасность.	69
7.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований и эксплуатации.....	69
7.2.2 Мероприятия по электробезопасности	70
7.2.3 Мероприятия по выполнению норм естественного и искусственного освещения.....	72
7.2.4 Мероприятия по борьбе с производственным шумом	72
7.2.5 Мероприятия по обеспечению электромагнитной безопасности ...	73

7.2.6 Мероприятия по обеспечению безопасности оборудования для работников	73
7.2.7 Мероприятия по защите от лазерного излучения.....	76
7.3 Экологическая безопасность.....	76
7.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду	76
7.3.2 Анализ «жизненного цикла» объекта исследования.	77
7.3.3 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	77
7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	78
7.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований, а также которые могут возникнуть при исследовании объекта.....	78
7.4.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	78
7.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	78
Заключение	81
Список публикаций студента.....	82
Список используемых источников.....	83
Приложение А – Раздел ВКР, выполненный на иностранном языке	86
Приложение Б ФЮРА.663539.021ПЗ – Функциональная схема	95
Приложение В ФЮРА.663539.022Э1 – Принципиальная схема	96
Приложение Г ФЮРА.663539.023ПЗ – Перечень элементов	97
Диск CD-R..... в конверте на обороте обложки	
Пояснительная записка ВКР. Файл Бугаев_ВКР.docx	
Презентация к ВКР. Файл Бугаев_презентация_ВКР.pptx	

Введение

В современных условиях значительная часть перевозок пассажиров и грузов осуществляется железнодорожным транспортом. Общая протяженность железных дорог России, находящихся в эксплуатации, составляет около 85,3 тыс. км [1].

Рельсовое полотно постоянно подвергается статическим и динамическим нагрузкам. При движении поезда возникает трение качения, в результате которого происходит износ материала рельса, что приводит к изменению его профиля. Следствием этого могут стать аварии, как правило, наносящие значительный материальный ущерб. Чтобы избежать этого производится постоянный мониторинг состояния рельсов.

В настоящее время проблема контроля состояния рельсов является особенно актуальной в связи с увеличивающейся плотностью движения поездов, а также возрастающей скоростью. Постоянно ужесточаются требования к различным параметрам рельсов и появляются новые приборы для их контроля.

Долгое время степень износа рельсов измерялась с помощью различных шаблонов, скоб и путевых штангенциркулей, но в последнее время им на смену приходят электронные приборы, такие как оптический профилометр, имеющие большую точность измерений и позволяющие производить автоматическую обработку, передачу и хранение данных.

Основной задачей данной работы является разработка конструкции и платы сбора данных лазерного триангуляционного профилометра. Прибор предназначен для контроля отклонений параметров профиля рельсов от нормальных значений.

1 Обзор аналогов

1.1 Контактные способы контроля профиля рельса

Путевые штангенциркули и скобы

Для нормального функционирования системы железных дорог необходимо постоянно производить контроль за состоянием рельсов, который требует наличия специальных инструментов и приборов.

В качестве таких приспособлений используют путевые шаблоны, скобы и стенды для их контроля и поверки. С помощью этих приборов можно измерить следующие параметры рельсов:

- Ширина колеи;
- Ширина желоба;
- Износ;
- Относительный уровень рельсов;
- Дефекты поверхности катания.

Одним из приборов, который широко применяется для контроля состояния рельсов является путевой штангенциркуль (рисунок 1.1).

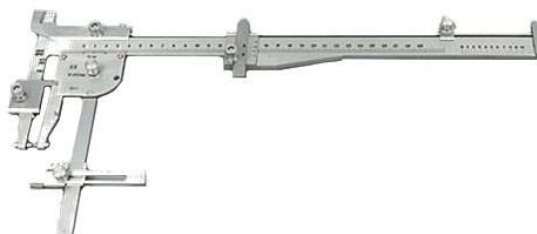


Рисунок 1.1 – Путевой штангенциркуль

Путевой штангенциркуль предназначен для контроля таких параметров рельса, как, боковой и вертикальный износ головки, зазор рельсовых стыков и стрелочных переводов, вертикальный износ сердечника и усовика, глубина впадин и отверстий и др.

Технические характеристики путевого штангенциркуля представлены в таблице 1.1 [2].

Таблица 1.1 – Технические характеристики штангенциркуля

Характеристики	Значения
Основная шкала штанги, мм	0 – 29
Вспомогательная шкала штанги, мм	0 – 10
Шкала малой рамки, мм	0 – 16
Погрешность основной шкалы, мм	не более 1
Погрешность вспомогательной шкалы штанги, мм	0,5
Габаритные размеры, мм	148x24x44
Срок службы, лет	не менее 10

Скоба для измерений износа головки рельса (рисунок 1.2) применяется при обслуживании железнодорожных путей, с её помощью контролируют боковой и вертикальный износ рельсов, а также максимально допустимый наплыв металла с поверхности катания головки рельса на его боковую грань.



Рисунок 1.2 – Скоба для измерений износа головки рельса

Технические характеристики скобы представлены в таблице 1.2 [3].

Таблица 1.2 – Технические характеристики скобы путевой

Характеристики	Значения
Диапазон измерения вертикального износа, мм	0 – 25

Продолжение таблицы 1.2

Диапазон измерения бокового износа, мм	0 – 25
Цена деления шкал, мм	1
Погрешность скобы, мм	не более 1
Габаритные размеры, мм	330x200x50
Масса, кг	1,5
Срок службы, лет	не менее 10

Прибор для измерения износа головки рельса и механический измеритель профиля

Оба прибора производятся французской фирмой «GEISMAR» и используются на европейских железных дорогах на рельсах до 60 кг/м.

Прибор для измерения износа головки рельса (рисунок 1.3) позволяет произвести измерение износа головки рельса посредством подвижных шкал, снабженных стопорными винтами. Для выполнения измерения необходимо надежно зафиксировать прибор на рельсе, помогает в этом встроенный постоянный магнит в нижней части инструмента, затем прижать измерительные иглы к головке рельса и зафиксировать полученные данные. Прибор выпускается в нескольких исполнениях: с двумя подвижными шкалами (по вертикали и под углом 45°) и с четырьмя (по вертикали, 22,5°, 45° и 67,5°) [4].



Рисунок 0.1 – Прибор для измерения износа головки рельса

Механический измеритель профиля (рисунок 1.4) осуществляет регистрацию рельсового профиля на бумажном носителе в масштабе 1:1. Данный прибор позволяет получить полный профиль рельса и сравнить его с оригинальным профилем, но вся обработка данных осуществляется вручную.



Рисунок 0.2 – Механический регистратор профиля

1.2 Бесконтактные способы контроля профиля рельса

В настоящее время широкое распространение получили профилометры, работа которых основана на оптическом методе регистрации профиля, позволяющем производить контроль с высокой скоростью и точностью. В этих приборах применяются современные средства для обработки информации, с помощью которых автоматически производится расчет параметров износа рельса.

Профилометр рельсовый фирмы «Riftek»

Профилометр рельсовый переносной (ПРП) (рисунок 1.5) предназначен для бесконтактной регистрации поперечного профиля рабочей поверхности головки рельсов [5].

Профилометр позволяет измерять такие параметры рельса, как боковой и вертикальный износ, а также автоматически рассчитывать приведенный износ. Полученные данные отображаются на дисплее и происходит их графическое совмещение с эталонным профилем для возможности наглядного сравнения.



Рисунок 1.5 – Профилометр фирмы «Riftek»

Характеристики ПРП «Riftek» представлены в таблице 1.3 [5].

Таблица 1.3 – Характеристики ПРП «Riftek»

Наименование параметров	Значение
Вертикальный износ головки рельсов, мм	от -15 до 20
Боковой износ головки рельсов, мм	от -15 до 20
Угол сканирования внутрь рельсовой колеи, град	108
Угол сканирования наружу рельсовой колеи, град	108
Погрешность, не более, мм	0,1
Время сканирования, сек	10–12
Вес сканирующего модуля с источником питания, кг	9
Габариты лазерного сканирующего модуля, мм	284x250x232

Продолжение таблицы 1.3

Источник питания лазерного модуля	Свинцово-кислотный аккумулятор, 12 В, 7200 мА·ч
Количество замеров без подзарядки, не менее	1000
Интерфейс связи между лазерным модулем и КПК	Bluetooth
Стоимость, рублей	523000

Профилометр рельсовый «Profilrail» фирмы «GEISMAR»

Профилометр «Profilrail» (рисунок 1.6) изготавливаемый фирмой «Geismar» предназначен для измерения рельсового профиля и сравнения его с эталонным. Прибор опирается не на один, а на оба рельса, причем на одном располагается измерительный блок, а на втором специальное устройство для обеспечения устойчивости – телескопический опорный кронштейн. В приборе для измерений используется комбинированная система, состоящая из лазера и камеры, установленных внутри корпуса. Все данные с прибора поступают на КПК посредством сети Bluetooth с возможностью последующей передачи на ПК [6].



Рисунок 1.6 – Профилометр рельсовый «Profilrail» фирмы «Geismar»

Основные характеристики прибора представлены в таблице 1.4 [6].

Таблица 1.4 – Характеристики профилометра «Profilrail»

Наименование параметров	Значение
Ширина колеи, мм	600–1700
Погрешность измерения, не более, мм	0,03
Рабочая температура	5–40 °С
Связь между измерительным блоком и КПК	Bluetooth
Поддерживаемые языки	французский, немецкий, английский, испанский (другие по заказу)
Время автономной работы, измерений	500
Размеры, мм	378x233x293
Масса, кг	7,5

1.3 Выводы по разделу

В результате проведенного обзора средств, применяемых при контроле профиля рельсов, был сделан вывод о том, что приборы, использующие бесконтактные методы измерения имеют ряд преимуществ перед контактными.

Для удобства сравнения устройств, использующих бесконтактные методы измерения, их основные характеристики были сведены в таблице 1.5, в которую также были добавлены проектные характеристики разрабатываемого прибора.

Таблица 1.5 – Сравнение основных характеристик приборов, использующих бесконтактные методы измерения профиля рельсов

Параметр	Профилометр Riftek	Профилометр Profilrail	Разрабатываемый прибор
Регистрация профиля рельса	Да	Да	Да

Продолжение таблицы 1.5

Параметр	Профилометр Riftek	Профилометр Profilrail	Разрабатываемый прибор
Расчет параметров износа	Да	Да	Да
Точность результатов измерения, мм	0,1	0,05	0,1
Интерфейс передачи данных	Bluetooth	Bluetooth	Wi-Fi
Поддерживаемые платформы устройства обработки	Windows	Android	IOS, Android, Windows
Возможность отправки результатов на ПК	Да	Да	Да
Поддержка русского языка	Да	По заказу	Да
Использование шагового двигателя	Да	Да	Нет
Время автономной работы, измерений	1000	500	1500
Вес	9	7,5	8
Стоимость, р.	530 000	2 500 000	350 000

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Поскольку рынок и технологии находятся в постоянном движении и развитии, необходимо проводить детальный анализ конкурирующих разработок. Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения, внести коррективы в развитие научного исследования, а также дать оценку сильным и слабым сторонам всем конкурентным разработкам.

Анализ конкурентных технических решений целесообразно проводить с помощью оценочной карты (таблица 6.1).

Таблица 6.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бф	Бк1	Кф	Кк1
1	2	3	4	5	6
1 Достоверность полученных данных	30 %	4	5	1,2	1,5
2 Время автономной работы устройства	20 %	5	3	1	0,6
3 Угол сканирования	20 %	4	5	0,8	1

Продолжение таблицы 6.1

4 Длительность проведения измерения	10 %	5	4	0,5	0,4
5 Отсутствие специальных устройств	5 %	5	4	0,25	0,2
6 Гибкость системы	5 %	4	3	0,2	0,15
7 Простота и удобство использования	5 %	3	4	0,15	0,2
9 Предполагаемый срок эксплуатации	2,50 %	3	4	0,075	0,1
11 Обслуживание при эксплуатации	2,50 %	3	5	0,075	0,125
Итого	100 %	36	37	4,25	4,275

Аналогичным образом произведено сравнение с конкурентным решением с точки зрения экономической эффективности (таблица 6.2).

Таблица 6.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений с точки зрения экономической эффективности

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Бф	Бк1	Кф	Кк1
1	2	3	4	5	6
1 Стоимость изготовления	35%	4	3	1,4	1,05
2 Стоимость доставки	20%	5	2	1	0,2
3 Стоимость устройства обработки	20%	4	2	0,8	0,2
4 Стоимость элементов питания	15%	4	4	0,6	0,8
5 Стоимость обслуживания	10%	3	5	0,3	0,25
Итого	100%	20	16	4,1	2,5

В качестве конкурента рассматривался лазерный профилометр компании «Riftek».

Как видно из таблицы 6.1, наиболее значимыми техническими критериями являются достоверность данных и время автономной работы. На данном этапе разработки, рельсовый профилометр, описываемый в дипломной работе, уступает по точности прибору конкурентов, но всё же соответствует заданным требованиям. Отказ от использования в разрабатываемом устройстве шагового двигателя, позволил значительно увеличить автономность работы устройств, использовать вместо свинцового металлгидридные, что значительно уменьшило вес и размеры устройства.

С точки зрения экономических факторов, разрабатываемое устройство значительно выгоднее своих конкурентов. Это достигается за счет снижения цены изготовления одного устройства и отсутствия необходимости доставки на территорию РФ. Также стоит отметить тот факт, что для обработки результатов измерения используется смартфон или планшет, цена которых ниже чем у специализированных устройств.

По итогам оценки конкурентных технических решений, можно сказать о том, что разрабатываемое устройство конкурентоспособно на территории РФ.

6.2 SWOT-анализ

Для объективного оценивания конкурентоспособности и перспектив развития разработки необходимо проанализировать сильные и слабые стороны, а также угрозы и возможности, которые могут повлиять на разработку. SWOT-анализ позволит сформировать направление, в котором необходимо работать, чтобы повысить конкурентоспособность научной разработки.

Для составления итоговой матрицы SWOT-анализа необходимо определить сильные и слабые стороны проекта, угрозы и возможности проекта, а также взаимную корреляцию между ними.

Сильными сторонами разрабатываемого проекта являются стоимость производства, отсутствие конкурентов на территории РФ, время автономной работы, масса и размер устройства, поддержка всех мобильных платформ, использование Wi-Fi для передачи данных.

Основной слабостью проекта является то, что проект имеет узкую направленность.

Возможностью проекта является применение данной технологии в других сферах деятельности. Основываясь на разработанной технологии и полученном опыте возможно производство профилометров для других задач. Примером такого устройства является профилометр для контроля состояния колесных пар.

Угрозой данному проекту является снижение цены конкурентами.

Корреляция между сильными и слабыми сторонами проекта с возможностями и угрозами отображена в итоговой матрице SWOT-анализа (таблица 6.3).

Как видно, угрозы и возможности данного проекта тесно коррелируют со всеми сильными и слабыми сторонами проекта.

Таблица 6.3 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны проекта:	Слабые стороны проекта:
	С1. Низкая стоимость производства С2. Отсутствие конкурентов в РФ. С3. Высокое время автономной работы. С4. Поддержка мобильных платформ. С5. Передача данных по Wi-Fi	Сл1 Узкая специализация
Возможности проекта: В1. Применение разработанной технологии в других сферах.	Производство новых устройств, основываясь на технологической и научной базе, полученных при разработке профилометра	Производство новых устройств, основываясь на технологической и научной базе, полученных при разработке профилометра
Угрозы проекта: У1. Снижение цены конкурентами	Повышения качества продукции, и разработка устройств с более высоким временем автономной работы позволит оставаться конкурентоспособным	Снижение цены на продаваемое устройство.

6.3 Метод коммерциализации результатов научно-технического исследования

При коммерциализации научно-технических разработок продавец (а это, как правило, владелец соответствующих объектов интеллектуальной собственности), преследует вполне определенную цель, которая во многом зависит от того, куда в последующем он намерен направить полученный коммерческий эффект. При этом время продвижения товара на рынок во многом зависит от правильности выбора метода коммерциализации.

Для коммерциализации разработанного в рамках проекта профилометра возможно использовать метод коммерциализации проекта путем передачи интеллектуальной собственности в уставной капитал предприятия или организация совместного предприятия.

6.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На любой стадии жизненного цикла проекта полезно оценивать степень его готовности к коммерциализации. Для этого необходимо оценить степень проработанности научного проекта и уровень имеющихся знаний у разработчика (таблица 6.4).

Таблица 6.4 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
Определен имеющийся научно-технический задел	5	4
Определены перспективные направления коммерциализации задела	4	4

Продолжение таблицы 6.4

Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	4	4
Определена товарная форма задела для представления на рынок	4	3
Определены авторы и осуществлена охрана их прав	3	3
Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	1
Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	2
Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	1	2
Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	3
Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	4	3
Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	1	1
Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
Имеется команда для коммерциализации научной разработки	3	2
Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
ИТОГО БАЛЛОВ	47	42

Исходя из оценок степени готовности проекта к коммерциализации видно, что перспективность проекта выше среднего. По вопросам интеллектуальной собственности, маркетинговых исследований,

финансирования коммерциализации, необходимо привлечение в команду проекта или консультации специалистов из данных областей.

6.5 Инициация проекта

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

Заинтересованные стороны проекта отображены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Петербургский государственный университет путей сообщения	Прибор для контроля за состоянием рельсового полотна, поддержка устройства специалистами
ООО «НПО Редвилл»	Создание устройства, наработка опыта в сфере профилометров, выход на Российский рынок

В таблице 6.6 представлена информация о целях проекта, критериях достижения целей, а также требования к результатам проекта.

Таблица 6.6 – Цели и результаты проекта

Цели проекта	Разработка технологии для бесконтактной регистрации поперечного профиля головки рельсов. Технология должна позволять производить измерения в отсутствии стационарных источников питания, а также быть достаточно компактной.
--------------	--

Продолжение таблицы 6.6

Ожидаемые результаты проекта	Разработанный прибор должен получить широкое применение в эксплуатирующих организациях при контроле качества железнодорожного полотна.
Критерии приемки результата проекта	Адекватность результатов измерения. Время автономной работы.
Требования к результату проекта	Результат измерения должен иметь погрешность не выше 0,1 мм. Время автономной работы не ниже одной смены

Рабочая группа проекта отображена в таблице 6.7.

Таблица 6.7 – Рабочая группа проекта

ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, ч
Федоров Е.М., ТПУ, кафедра ФМПК, доцент	Научный руководитель	Контроль за выполнением и качеством работ. Консультации по сложным вопросам. Координация деятельности инженера и заказчика.	760
Бугаев Е. А., кафедра ФМПК, студент	Инженер (дипломник)	Проектирование схемы, разработка математического алгоритма обработки данных	920

В таблице 6.8 отображены основные ограничения проекта.

Таблица 6.8 – Ограничения проекта

Фактор	Ограничения/ допущения
Бюджет проекта	–
Источник финансирования	–
Сроки проекта:	01.09.15–30.05.17
Дата утверждения плана управления проектом	15.09.15
Дата завершения проекта	30.05.17

6.6 План проекта

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

Календарный план в виде диаграммы Ганта представлен в таблице 6.9.

Таблица 6.9 – Диаграмма Ганта

Код работы	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февраль			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление ТЗ	Руководитель	5												
2	Изучение документации	Дипломник	5												
3	Проектирование платы сбора данных	Дипломник Руководитель	20		 										
4	Разработка программы сбора данных	Дипломник Руководитель	60				 				 				
5	Разработка математического аппарата	Дипломник Руководитель	30								 	 			
6	Проведение экспериментов	Руководитель, Дипломник	20										 		
7	Подготовка к демонстрации	Руководитель, Дипломник	10											 	



– Руководитель



– Дипломник

6.7 Бюджет научного исследования

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

В данной научной разработке планируемыми расходами являются изготовление платы сбора данных, основная заработная плата, дополнительная заработная плата, отчисления на социальные нужды, накладные расходы, а также расходы на электроэнергию при работе с компьютером.

6.7.1 Специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по статье «Спецоборудование для научных работ» приведён в таблице 6.10.

Таблица 6.10 – Спецоборудование для научных работ

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, р.	Общая стоимость оборудования, р.
Ноутбук Lenovo	1	10000	10000
Плата сбора данных	2	3000	6000

Так как цена на оборудование меньше 20000 рублей, то на данное оборудование амортизационные отчисления не начисляются.

6.7.2 Основная заработная плата

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 оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда).

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

$$C_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (6.1)$$

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата работника рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_{раб} \quad (6.2)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{\text{дн}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} \quad (6.3)$$

где $З_{\text{м}}$ – оклад работника;

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

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

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{б}} \cdot (k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (6.4)$$

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: определяется Положением об оплате труда);

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

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад $З_{\text{б}}$ определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т. д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Расчет основной заработной платы сведён в таблицу 6.11.

Таблица 6.11 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	З _б ,руб.	k _{пр}	k _д	k _р	З _м ,руб	З _д ,руб	T _{р.} мес.	З _{осн} ,руб
Руководитель	23264,86	1,30	1,05	1,30	71074,15	2992,60	95	28429 6,59
Дипломник	11300,00	1,00	0,00	1,00	11300,00	393,04	115	45200 ,00

6.7.3 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала и отчисление на социальные нужды

В статью дополнительной заработной платы включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п. (в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (6.5)$$

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

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

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

Статья отчисление на социальные нужды включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}); \quad (6.6)$$

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

В таблице 6.12 приведена форма заработной платы с учетом налоговых отчислений на социальные нужды.

Таблица 6.12 – Заработная плата работников

Заработная плата	Руководитель	Дипломник
Основная зарплата, р.	284296,59	45200
Дополнительная зарплата, р.	34115,59	0
Отчисление на социальные нужды, р.	95523,65	0
Итого по статье $C_{\text{зп}}$, р.	459135,84	

6.7.4 Прочие расходы

Под прочими расходами понимаются расходы на потребляемую электроэнергию. Для ТПУ цена за 1кВт·ч электроэнергии составляет 4,36 р.. Тогда расход по данной статье определяется по следующей формуле:

$$C_{\text{пр}} = \Pi_{\text{т}} \cdot t_{\text{ч}} \cdot T_{\text{д}} \cdot M \quad (6.7)$$

где $\Pi_{\text{т}}$ – тарифная цена за за 1кВт·ч электроэнергии;
 $t_{\text{ч}}$ – число рабочих часов в 1 рабочем дне;
 $T_{\text{д}}$ – число рабочих дней, в течении которых велись работы;
 M – потребляемая мощность.

$$C_{\text{пр}} = 4,36 \cdot 8 \cdot 115 \cdot 70 \cdot 10^{-3} = 216,38 \text{ р.} \quad (6.8)$$

6.7.5 Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. В расчетах эти расходы принимаются в размере 35 - 70 % от суммы основной заработной платы научно-производственного персонала данной научно-технической организации. Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) \quad (6.9)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл}} = 0,4 \cdot 363612,18 = 145444,87 \text{ р.} \quad (6.10)$$

6.7.6 Группировка затрат по статьям

Исходя из полученных данных произведена группировка затрат по статьям (таблица 6.13).

Весь бюджет исследования составил 620797,08 рублей.

Таблица 6.13 – Группировка затрат по статьям

Статьи						
Специально е оборудован ие	Основная зарботная плата	Дополнитель ная зарботная плата	Отчислен ия на социальн ые нужды	Прочи е прямы е расход ы	Накладн ые расходы	Итого плановая себестоимос ть
16000	329496,589	34115,591	95523,654	216,38	145444,87	620797,086

6.8 Оценка сравнительной эффективности исследования

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают I_{Φ}^p в ходе оценки бюджета затрат для вариантов исполнения научного исследования. Для разрабатываемого профилометра аналогом является профилометр компании «RIFTEK» рыночная цена которого составляет 513000 рублей. Из этого следует, что затраты на разработку будут являться наибольшим интегральным показателем реализации технической задачи Φ_{max} .

Интегральный финансовый показатель разработки I_{Φ}^p определяется :

$$I_{\Phi}^p = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{620797,08}{620797,08} = 1; \quad (6.11)$$

Интегральный финансовый показатель аналога I_{Φ}^a :

$$I_{\Phi}^a = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} = \frac{513000}{620797,08} = 0,82; \quad (6.12)$$

Показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения определяется как сумма произведений балла критерия на его оценку. Интегральный показатель ресурсоэффективности рассчитан в таблице 6.14.

Таблица 6.14 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерий	Весовой коэффициент	Текущий проект	Аналог
1. Способствует росту производительности	0,1	5	5
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	3
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3
4. Энергосбережение	0,2	5	2
5. Надежность	0,25	4	5
6. Материалоемкость	0,15	5	3
Итого	1	28	21

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

$$I_{финр}^p = \frac{I_m^p}{I_{\Phi}^p} = \frac{4,6}{1} = 4,6; \quad (6.13)$$

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

$$I_{\text{финр}}^a = \frac{I_m^a}{I_{\text{ф}}^a} = \frac{3,5}{0,82} = 4,27; \quad (6.14)$$

Сравнение интегральных показателей эффективности текущего проекта и аналога позволяет определить сравнительную эффективность проекта $\mathcal{E}_{\text{ср}}$:

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{финр}}^p}{I_{\text{финр}}^a} = \frac{4,6}{4,27} = 1,08. \quad (6.15)$$

Результаты расчетов сравнительной эффективности проекта приведены в таблице 6.15.

Таблица 6.15 – Сравнительная эффективность проекта

Показатели	Аналог	Разработка
Интегральный финансовый показатель разработки	0,82	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,5	4,6
Интегральный показатель эффективности	4,27	4,6
Сравнительная эффективность проекта	1,08	

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности. Как видно из таблицы, разработка рельсового профилометра выгоднее с точки зрения ресурсоэффективности.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

- IV Международная конференция школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых “Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее”, статья “Методы и средства контроля геометрических параметров профиля объектов и изделий”, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, октябрь 2015, публикация статьи в сборнике.
- V Международная конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых “Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее”, статья “Техническая реализация электронного блока триангуляционного профилометра”, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, октябрь 2016, публикация статьи в сборнике.
- IX Международная научно-техническая конференция “Политранспортные системы”, статья “Разработка лазерного триангуляционного профилометра для контроля состояния железнодорожных рельсов”, Сибирский государственный университет путей сообщения, ноябрь 2016, публикация статьи в сборнике.