

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 трехкоординатного лазерного измерителя диаметра протяженных изделий УДК 681.2.082:621.315.2:620.179.152

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ5Б	Коба Александр Александрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры 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		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Р1	<p>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;</p>	<p>Требования ФГОС (ОК-1) Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i></p>
Р2	<p>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.</p>	<p>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></p>
Р3	<p>Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом; эффективно</p>	<p>Требования ФГОС (ОК-2, ПК-12,13,16-18,12,22) Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с</p>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
	работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.	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>
P5	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и	Требования ФГОС (ОК-1, ПК-5-7), Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
	экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности при разработке средств измерения и контроля, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования в приборостроении..	требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
Р6	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>
Р7	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>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Р8	<p>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 натуральных экспериментальных исследований приборных систем с учётом критериев надёжности; использовать результаты научно-исследовательской деятельности и пользоваться правами на объекты интеллектуальной собственности.</p>	<p>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></p>
Р9	<p>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 системы обеспечения экологической безопасности в производстве и при технологическом контроле.</p>	<p>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></p>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Р10	<p>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.</p>	<p>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></p>
Р11	<p>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</p>	<p>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></p>

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	Коба Александр Александрович

Тема работы:

Разработка трехкоординатного лазерного измерителя диаметра протяженных изделий	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 15.12.2015 № 9728/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15 июня 2017 г.
--	-----------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p align="center">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>Объекты измерения – кабель, трубы, шланги, канаты и т. д.</p> <p>– Измерение диаметра в трех синхронизированных измерительных осях на одной плоскости</p> <p>– Обнаружение любых отклонений от круглого сечения вне зависимости от ориентации объекта в зоне контроля</p> <p>– Погрешность измерения диаметра не более 1 мкм</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>Обзор существующих решений, разработка трехкоординатного метода измерения диаметра круглых протяженных изделий в расходящемся световом пучке и дальнейшая его апробация</p>
<p>Перечень графического материала</p>	<p>Рисунок 8 – Расчетная схема прибора с тремя измерительными осями</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Основная часть ВКР</p>	<p>Федоров Евгений Михайлович</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Николаенко Валентин Сергеевич</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Анищенко Юлия Владимировна</p>
<p>Часть ВКР на английском языке</p>	<p>Вебер Юлия Юрьевна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>3. Расчет диаметра в бесконтактных трехкоординатных измерителях</p>	
<p>4. Апробация метода</p>	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент каф. ФМПК</p>	<p>Федоров Евгений Михайлович</p>	<p>к.т.н</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>1БМ5Б</p>	<p>Коба Александр Александрович</p>		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 79 с., 10 рис., 14 табл., 11 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: измеритель диаметра, лазерный трехкоординатный измеритель, овальность, круглые протяженные объекты, расчет диаметра, метод измерения.

Объектом исследования является трехкоординатный лазерный измеритель диаметра протяженных изделий.

Цель работы – разработка трехкоординатного метода измерения диаметра и овальности круглых протяженных изделий.

В процессе исследования проводился обзор методов измерения и существующих аналогов измерителей диаметра, были выведены соотношения для определения радиусов объекта по трем измерительным осям. В соответствии со схемой измерения была смоделирована математическая модель и рабочий макет измерительного устройства.

Измерения диаметра с помощью математической модели и макета прибора, хорошо коррелируются между собой. Погрешность математической модели не превысило 3 мкм с учетом того, что начальные данные были взяты с погрешностью в 1 мкм. Максимальная погрешность измерения с помощью прототипа составила 10 мкм

Область применения: данный метод и его математическое обеспечение позволит создать измерительный преобразователь для прибора контроля диаметра и овальности протяженных изделий, таких как кабели провода канаты шнуры трубы и т.п.

Степень внедрения. Планируется применение метода при проектировании и серийном производстве приборов контроля для кабельной промышленности.

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

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.

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Апробация – проверка на практике, в реальных условиях теоретически построенных методов.

Первичный преобразователь – Датчик, сенсор (от англ. sensor) термин систем управления, первичный преобразователь, элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства системы, преобразующий контролируемую величину в удобный для использования сигнал.

Коллиматор – устройство для получения параллельных пучков лучей света или частиц.

Аберрация оптической системы – ошибка или погрешность изображения в оптической системе, вызываемая отклонением луча от того направления, по которому он должен был бы идти в идеальной оптической системе.

Юстировка – совокупность операций по выравниванию конструкций и конструктивных элементов (поверхностей, столбов, стоек и т. д.) вдоль некоторого направления («осевого»), а также по приведению меры, измерительного или оптического прибора, механизмов (или их части) в рабочее состояние, обеспечивающее точность, правильность и надёжность их действия.

Оглавление

Введение.....	14
1. Методы измерения диаметра	16
1.1 Контактные методы	16
1.2 Бесконтактные методы	17
1.2.1 Метод измерения мощности потока излучения.....	19
1.2.2 Теневой метод в квазипараллельном пучке	19
1.2.3 Метод сканирования.....	21
1.2.4 Метод построения изображения.....	22
1.2.5 Теневой метод в расходящемся пучке	24
2. Обзор современных решений	27
3. Расчет диаметра в бесконтактных трехкоординатных измерителях	28
3.1 Вычисление истинного диаметра объекта контроля.....	29
4. Апробация метода	35
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	41
6. Социальная ответственность	54
Заключение	64
Список публикаций.....	65
Список литературы	66
Приложение А	68

Введение

Качество кабельных изделий характеризуется различными геометрическими и электрическими параметрами. Сведение выхода брака к минимуму достигается посредством совершенствования технологии контроля основных характеристик изделия, таких как погонная ёмкость [1,2], эксцентricность [3], наружный диаметр [4,5], целостность изоляции [6] и другие.

Бесконтактные измерители диаметра круглых протяженных изделий, таких как кабель, канаты, трубы и т.п., использующие теневой метод измерения в расходящемся световом потоке, обладают целым рядом неоспоримых преимуществ, связанных с отсутствием в них элементов линзовой и зеркальной оптики. В частности, достижимая точность измерения таких приборов при использовании дифракционных методов совместно со статистической обработкой данных [7] может достигать долей микрометра. Однако работа в расходящемся световом потоке вызывает изменение размеров тени измеряемого объекта при его перемещениях в зоне контроля. Последнее требует использования сложных соотношений для расчета истинного диаметра объекта [8]. Двухкоординатные измерители обеспечивают получение приближенных значений овальности которая оценивается исходя из разности диаметров по двум измерительным осям, которые напрямую зависят от ориентации объекта внутри измерительного поля. При этом существуют определённые положения объекта, при которых овальность в принципе не может быть зафиксирована. Измерение в трёхкоординатных лазерных системах с расходящимся лазерным пучком может отчасти решить описанные выше проблемы.

Преимущества трёхкоординатного измерителя в сравнении с двухкоординатным:

- три синхронизированные измерительные оси на одной плоскости;

– обнаружение любых отклонений от круглого сечения вне зависимости от ориентации объекта в зоне контроля;

– вычисление размеров длины окружности и площади поперечного сечения;

– более высокая вероятность детектирования локальных дефектов (утонений, утолщений, шишек, кратеров и. т.п.)

В данной работе предложен трехкоординатный метод измерения диаметра и овальности, круглых протяженных объектов, в расходящемся световом потоке. Разработана схема измерения и математическое обеспечение метода. В соответствии со схемой измерения, смоделирована математическая модель и макет измерительного устройства, данные которых хорошо коррелируются между собой.

Данный метод и его математическое обеспечение позволит создать измерительный преобразователь для прибора контроля диаметра и овальности протяженных изделий.

1. Методы измерения диаметра

1.1 Контактные методы

Контактные измерители диаметра основаны на применении обычных механических микрометров или датчиков перемещения. Измеритель диаметра имеет подвижный чувствительный элемент, который непосредственно касается измеряемой поверхности. При изменении диаметра изделия чувствительный элемент менял свое положение, и это фиксировалось микрометром или датчиком перемещения с последующей индикацией отклонения на градуированной шкале или цифровом табло. Такие приборы чаще всего давали не диаметр измеряемого изделия, а его отклонение от требуемого значения.

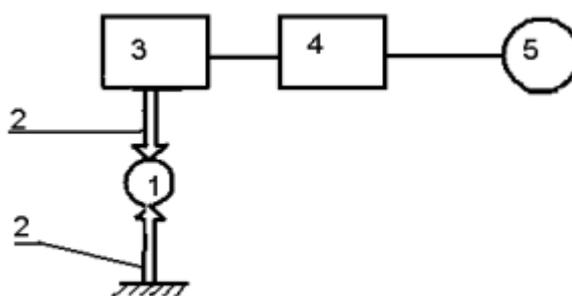


Рисунок 1 – Структурная схема измерения контактным методом

Приборы, использующие контактные методы измерения, имеют обычно структурную схему (рисунок 1), включающую контролируемую деталь 1, чувствительный элемент, например, наконечник 2, измерительный преобразователь 3, вторичный электронный преобразователь 4 и устройство индикации или регистрирующее устройство 5.

В качестве измерительных преобразователей чаще всего используют механические, оптико-механические, электрические и пневматические датчики [5.9].

Недостатком таких измерителей было наличие механического контакта щупов с самим кабелем, что приводило к истиранию трущихся поверхностей щупов, возникала возможность повреждения и деформации контролируемого

изделия. Таким методом невозможно измерение диаметра на начальном этапе изготовления изделий, например таких как кабель, изоляция которого еще не застыла и находится в пластичном состоянии.

Поскольку контактные измерители устанавливаются непосредственно на технологическом оборудовании, на точность их работы будет влиять такой фактор как вибрация, возникающая в цехе.

Учитывая недостатки бесконтактных измерителей, в настоящее время разработчики отказались от них, и сейчас они практически ни где не используются.

1.2 Бесконтактные методы

В измерительной технике широко используются технические средства, в основе которых лежат бесконтактные методы. Эти приборы выделяются хорошими метрологическими и эксплуатационными характеристиками и возможностью измерять на достаточно высокой скорости. Для бесконтактных измерений размеров и формы используются оптические, ёмкостные ультразвуковые и другие первичные преобразователи, с помощью которых контролируемый параметр преобразуется в соответствующую физическую величину [1].

Бесконтактные методы измерения могут быть прямыми и косвенными.

При прямых методах измерения диаметр изделия сопоставляется с размером, например, шкалы или длиной волны.

При косвенных методах измерения используют различные зависимости геометрических размеров, например, от времени сканирования лучом рабочей зоны; от распределения минимумов и максимумов дифракционной картины и т. п [2].

В настоящее время к измерителю диаметра круглых протяженных изделий могут быть предъявлены следующие требования:

- отсутствие механического контакта измерителя с кабелем, что позволяет измерять изделия из различных материалов и в большом диапазоне температур;
- измерение диаметра по двум координатам и более, с возможностью оценки овальности изготавливаемого изделия;
- высокая точность измерения, достигающая долей процента;
- высокое быстродействие (сотые доли секунды), позволяющее проводить измерения при движении контролируемого изделия;
- наличие протоколов связи прибора с технологическим оборудованием, для осуществления управления процессом производства;
- прибор должен быть совершенно нечувствительным к изменениям таких внешних факторов как: температура, влажность, давление, сетевые помехи и др.;
- универсальность — возможность использования прибора на разных этапах производства и для разных типов изделий;
- большая надежность в реальных условиях эксплуатации при длительной многосменной работе;
- простота обслуживания;
- низкая стоимость.

Создание измерителя, соответствующего выше перечисленным — очень сложная задача. Для решения перечисленных проблем более 15 лет назад начали проектироваться бесконтактные измерители диаметра кабеля.

Самыми распространёнными и многочисленными являются оптические способы измерения. Они так же являются наиболее современными и перспективными для создания измерителя, в полной мере удовлетворяющего всем выше названным требованиям.

1.2.1 Метод измерения мощности потока излучения

Схема, показанная на рисунке 2, основана на измерении мощности излучения, воспринимаемого фотоприемником. Измеряемый объект находится в рабочей зоне, через которую проходит параллельный световой поток, осветителя. Объект контроля частично перекрывает световой поток, и соответственно, уменьшает мощность излучения, достигающую фотоприемника. Изменения мощности излучения, воспринимаемого фотоприемником, пересчитываются затем в диаметр измеряемого кабеля.

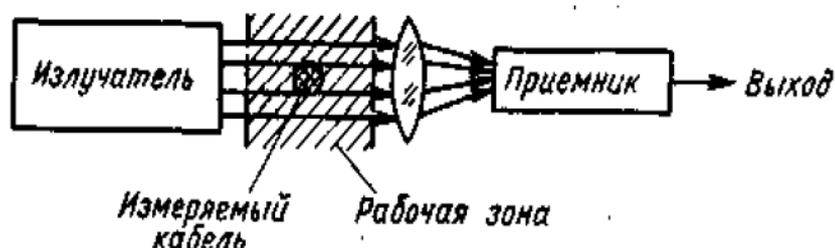


Рисунок 2 – Метод измерения потока излучения

Для применения данной схемы необходим источник со стабильным световым потоком, который с течением времени остаётся постоянным, а так же приёмник оптического излучения с постоянной чувствительностью. В реальных условиях при наличии внешних дестабилизирующих факторов эти условия труднодостижимы. По этой причине прибор требует постоянной калибровки и не отличается достаточной точностью измерений [1]. Необходимость амплитудных измерений мощности, а в некоторых вариантах схемы и необходимость проведения измерений механических перемещений ограничивают применение схемы.

1.2.2 Теневой метод в квазипараллельном пучке

При разработке устройств измерения диаметра кабеля на сегодняшний день наиболее часто используется этот метод. Его оптическая схема

изображена на рисунк 3. Излучатель с помощью оптической системы создает в рабочей зоне, сквозь которую горизонтально движется измеряемый кабель, пучок света близкий к параллельному. Тень кабеля попадает на многоэлементный фотоприемник, ячейки которого расположены вертикально в линию. Число затемненных ячеек фотоприемника помноженное на ширину одной ячейки соответствует диаметру кабеля и может быть подсчитано $D = n \cdot l$ при опросе ячеек. Современные фотоприёмные линейки имеют размер ячейки l от 5 до 12 мкм, что даёт возможность обеспечивать соответствующую точность измерения. В качестве источника излучения могут быть использованы лампа накаливания, одиночный светоизлучающий диод или полупроводниковый лазер. Использование лазера предпочтительней, так как этот источник наиболее приближён к точечному. Это упрощает оптическую схему и процесс настройки и юстировки.

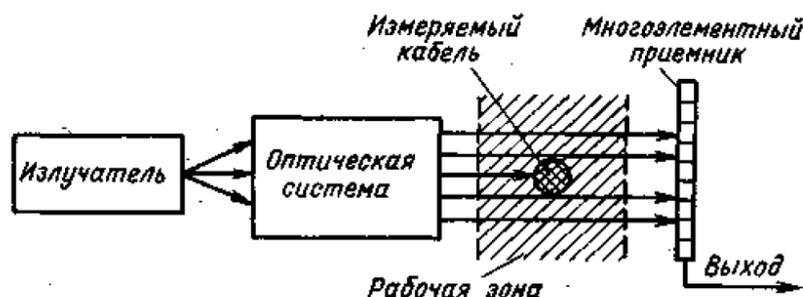


Рисунок 3 – Теневой метод в квазипараллельном пучке

Основной вклад в погрешность при использовании данной схемы вносит не идеальность оптической системы коллиматора, который преобразует свет от точечного источника в параллельный пучок. Наличие aberrаций и погрешность юстировки приводят к тому, что световой поток в рабочей зоне отличен от параллельного и при перемещениях измеряемого объекта в рабочей зоне это довольно сильно влияет на точность измерения. Чем больше зона измерения, тем шире должна быть апертура коллиматора, а в свою очередь при увеличении апертуры влияние этого вида ошибки на измерение увеличивается, даже если мы используем фотоприёмную линейку с более мелким шагом. По этой же

причине схема непригодна для измерения малых объектов меньше 1 мм. Таким образом, данная схема применима для измерений в диапазоне диаметров примерно от 1 до 25 мм. Создание двухкоординатных измерителей с широкой зоной измерения на базе этой схемы проблематично в силу ее громоздкости и других изложенных выше причин, однако схема выгодно отличается от предыдущих потенциально более высокой надежностью из-за отсутствия механических подвижных элементов и меньшим влиянием помех, так как не требует проведения амплитудных и временных измерений.

1.2.3 Метод сканирования

Схема, приведенная на рисунке 4, содержит сканирующий узел, создающий тонкий луч, равномерно вращающийся со скоростью V в зоне измерения шириной W . Пересекая измеряемый кабель, луч прерывается и на фотоприемнике, воспринимающем излучение, возникает импульс, длительность которого равна времени движения луча в поперечном сечении кабеля. Длительность импульса фотоприемника измеряется и преобразуется в диаметр измеряемого изделия выражением [].

$$D = \frac{t}{T} \cdot W$$

где T есть период сканирования всей рабочей зоны.

Так как время зависит от собственной скорости движения измеряемого объекта v , расчеты по этой формуле будут верны только в том случае, если v будет равно нулю

$$t = \frac{D}{V - v}, \text{ если } v = 0 \quad t = \frac{D}{V}$$

В качестве источников излучения, в таких схемах, используют полупроводниковые лазеры. Вращение луча осуществляется зеркальным шестигранником, а в новых приборах такого типа пьезоэлектрическим зеркалом.

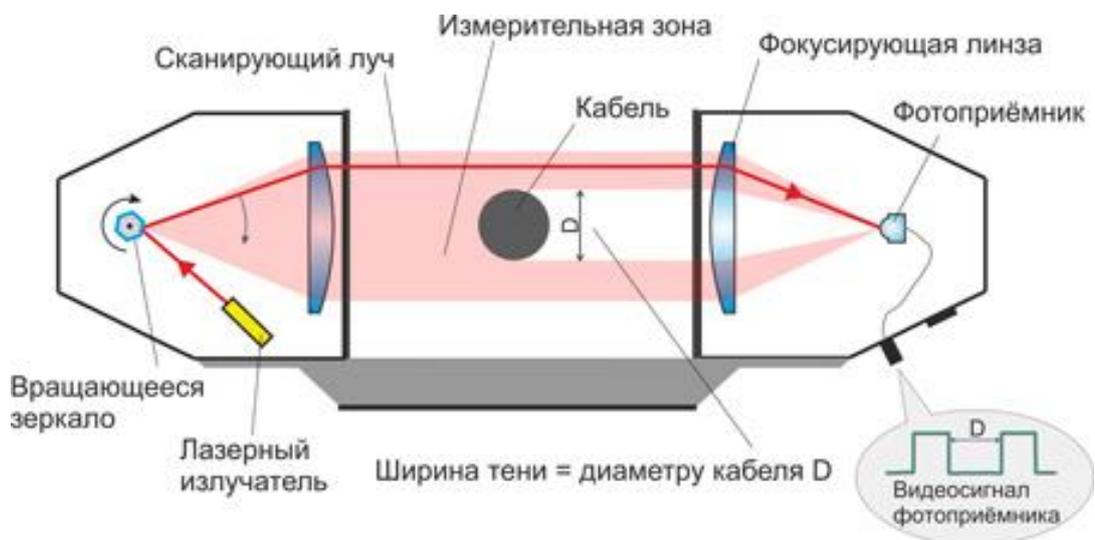


Рисунок 4 – Метод сканирования

Достоинством схемы являются большой диапазон измерения, высокая скорость измерения и большая точность. Однако наличие подвижных узлов требует их высококачественного изготовления для получения требуемого ресурса работы, а необходимость использования качественной широкоапертурной оптики усложняет и удорожает устройство.

1.2.4 Метод построения изображения

Здесь в основе лежит метод построения изображений объекта. Суть метода поясняет рисунок 5.

Протяженный источник фоновой подсветки излучающий диффузно рассеянный свет создает ярко освещенный фон, необходимый для получения объективом контрастного изображения контролируемого объекта. Перед линейкой, в рабочей зоне измерительной головки, движется измеряемое изделие диаметром D . Изображение кабеля проектируется объективом в уменьшенном виде на многоэлементный фотоприемник, содержащий ряд фоточувствительных ячеек малого размера. Ячейки фотоприемника расположены в линию, перпендикулярно продольной оси объекта. Количество ячеек, закрытых изображением, определяет микроконтроллер измерительной головки, управляющей работой фотоприемника. Исходя из числа ячеек,

закрытых изображением, и размера ячейки, микроконтроллер рассчитывает размер изображения кабеля d_1 , а, зная масштаб преобразования N объектива, определяет в миллиметрах истинный диаметр кабеля D_1 .

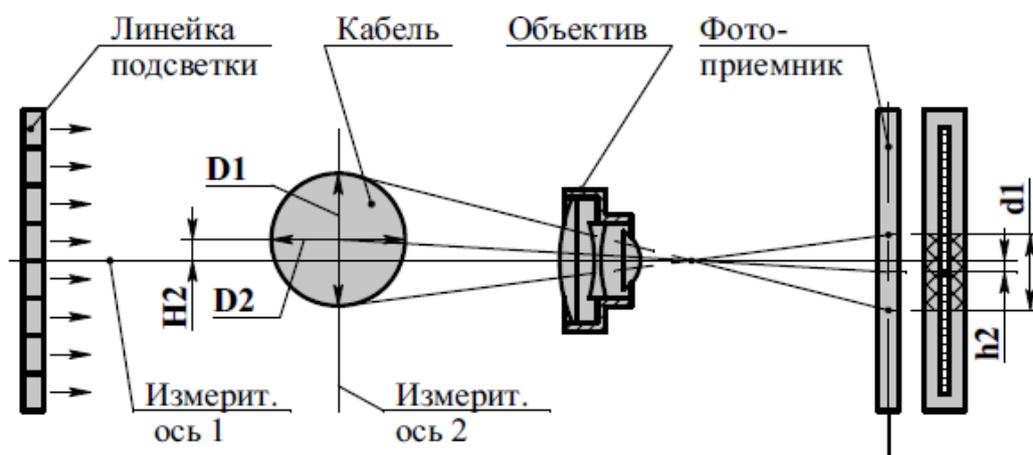


Рисунок 5 – Принцип измерения диаметра

Для устранения погрешности измерения, возникающей при смещении кабеля из центра измерительной зоны, используется перекрестная связь между измерительными каналами 1 и 2.

Перекрестная связь выполнена следующим образом. Смещение кабеля вдоль оси 2: величина H_2 , не контролируемая каналом 2, измеряется каналом 1 как величина H_2 и передается в канал 2 для корректировки диаметра D_2 . Аналогично, каналом 2 измеряется смещение H_1 и передается в канал 1.

Устранение погрешности измерения из-за боковой подсветки кабеля линейкой «не своего» канала достигается за счет импульсного поочередного включения линеек фоновой подсветки. В этом случае измерение D_1 и D_2 происходит поочередно, однако короткое время измерения и быстрое переключение каналов позволит считать процесс измерения практически непрерывным и независимым от линейной скорости движения кабеля.

Расстояния от главных фокальных плоскостей до предметной плоскости и плоскости изображений находится по формуле:

$$\frac{1}{a_2} - \frac{1}{a_1} = \frac{1}{f}$$

Таким образом, на ПЗС линейках получаем изображение объекта, уменьшенное в N раз.

Для приборов такого типа следует использовать высококачественные исправленные на аберрации объективы желательного фотографического. При их использовании перемещения объекта перпендикулярно оптической оси практически не влияют на линейные размеры изображения. В противном же случае эти изменения должны исправляться программно, что является очень сложной задачей.

Достоинствами схемы является то, что она является двухкоординатной; с её помощью, возможно, измерять объекты очень больших диаметров (до 200 мм); в ней не используются дорогостоящие полупроводниковые лазеры и ПЗС линейки большой длины; схема полностью сохраняет свою работоспособность при повышенных внешних температурах.

1.2.5 Теневой метод в расходящемся пучке

Оптическая линзовая система оказывает существенное влияние на точность измерения. На рисунке 6 представлена схема измерителя, в которой точечный источник излучения светит расходящимся пучком непосредственно на фотоприёмную линейку. В качестве источников здесь всегда используются полупроводниковые лазеры, излучение которых наиболее близко к точечному. В схеме не используется преобразующая оптика. Здесь мы имеем дело с расходящимся пучком и не можем однозначно определить диаметр объекта по его тени, так как это делается в параллельном пучке. При перемещении измеряемого объекта размер его тени также меняется, но мы можем отслеживать эти перемещения, если перпендикулярно одному измерительному каналу поставим другой идентичный первому.

Схема рассматриваемого двухкоординатного измерителя показана на рис. 4. Прибор содержит два измерительных канала оси которых X и Y взаимно перпендикулярны. В каждом канале имеется точечный излучатель (лазер),

создающий расходящийся световой поток и многоэлементный линейный фотоприемник, измеряющий размер тени объекта. Контролируемый объект, имеющий форму сечения близкую к кругу, находится в рабочей зоне прибора, освещается двумя излучателями и образует две тени, воспринимаемые фотоприемниками измерительных каналов. Обработку сигналов фотоприемников и расчет истинного диаметра объекта выполняет микроконтроллер, входящий в состав прибора.

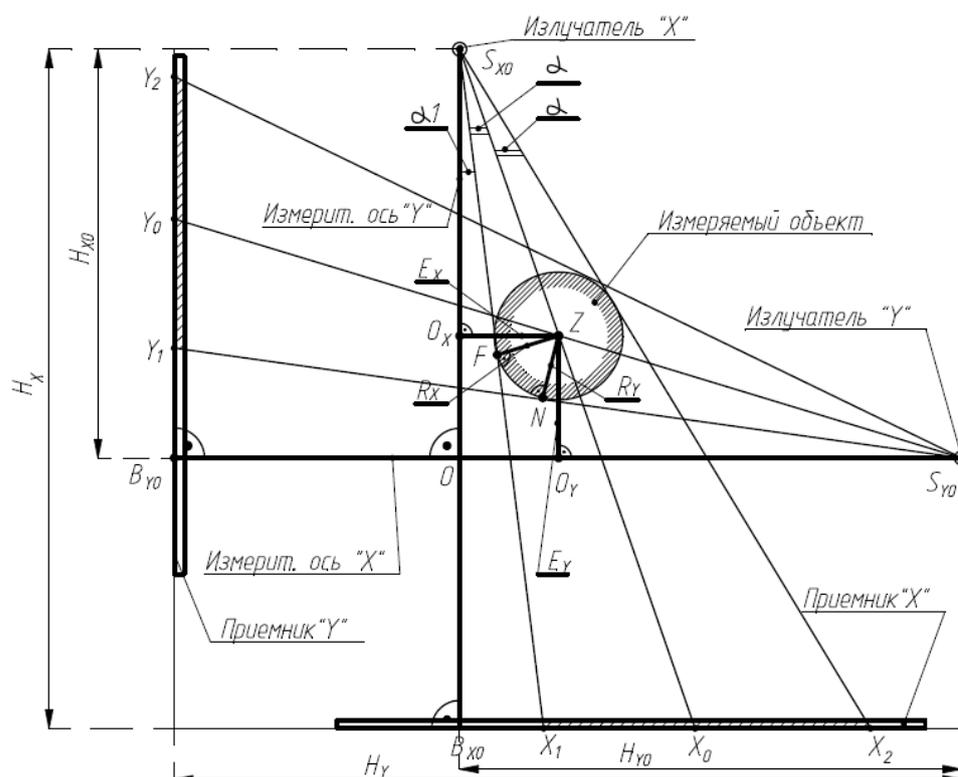


Рисунок 6 – Теневой метод в расходящемся пучке

Изначально известны следующие параметры конструкции прибора: Расстояния H_x и H_y от центра излучателя до плоскости приемника каждого из каналов: отрезки $(S_{x0}; V_{x0})$ и $(S_{y0}; V_{y0})$.

Расстояния H_{x0} и H_{y0} от центра излучателя до центра рабочей зоны, т.е. до точки (O), являющейся пересечением измерительных осей. Шаг ячеек фотоприемника, позволяющий по числу ячеек приемника, закрытых тенью объекта, определить размер тени, т.е её ширину, а также определить смещение центра тени относительно «нулевой» ячейки приемника.

В процессе работы прибора фотоприемники «X» и «Y» фиксируют границы тени объекта. Микропроцессор прибора рассчитывает координаты этих границ в плоскостях приемников. Началом координат являются «нулевые» ячейки приемников, расположенные в точках V_{x0} и V_{y0} .

2. Обзор современных решений

В настоящее время зарубежные компании производят приборы для измерения диаметра, которые решают проблему распознавания и измерения точных параметров, характеризующих овальность объекта контроля в не зависимости от ориентации его в зоне контроля. Одна из таких фирм это Zumbah (Австралия), выпускает измерительные головки ODAC® 33TRIO.

ODAC® 33TRIO это измерительная головка с тремя измерительными осями проводящая измерения в одной плоскости, основана на методе сканирования. ODAC® 33TRIO имеет такие преимущества по сравнению с обычными двухостными головками:

- Выполняется точная регистрация и измерение овальности, при любых отклонениях формы и любом положении изделия в зоне контроля
- Всегда точное измерение среднего значения диаметра (и окружности)
- Одновременно может выполнять функции контроля узлов

ODAC® 33TRIO головка основана на методе сканирования.

Также трехкоординатные измерители диаметра и овальности производят такие компании как LAP laser (Германия), Sikora (Германия).

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

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

Целевым рынком выполненной работы является компании занимающиеся производством и продажей измерителей диаметра круглых протяженных изделий, производители кабеля, труб, шлангов и т. д., а так же предприятия производство которых связано с измерением диаметра.

Сегментом этого рынка являются мелкие и средние коммерческие организации имеющие отношение к производству измерительных приборов. Значимыми критериями для данного сегмента рынка, являются размер предприятия и выпускаемая продукция.

5.1.1 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. В таблице 3 приведена Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{\text{CP}} = \sum B_i \cdot B_i = 20.3 \quad (15)$$

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

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

После расчёта средневзвешенного показателя, который составил 20,3, можно судить о том, что перспективность данного продукта крайне низкая. Необходимо повышать некоторые характеристики устройства.

Таблица 3 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность	20%	100	100	1	20
2. Унифицированность	5%	50	100	0,5	2,5
3. Уровень материалоемкости разработки	10%	20	100	0,2	2
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	10%	70	100	0,7	7
5. Ремонтопригодность	10%	90	100	0,9	9
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
6. Конкурентоспособность продукта	10%	80	100	0,8	8
7. Уровень проникновения на рынок	10%	50	100	0,5	8
8. Перспективность рынка	10%	50	100	0,5	5
9. Цена	10%	30	100	0,3	3
10. Финансовая эффективность научной разработки	5%	70	100	0,7	3,5
Итого	100%	610	1000	6,1	68

5.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Морфологический подход представляет собой упорядоченный способ рассмотрения предмета и получения систематизированной информации по всем возможным решениям изучаемой проблемы. В процессе анализа объект разбиваются на группы, каждая из которых подвергается тщательному изучению. Морфологическая матрица для измерителя диаметра представлена в таблице 8.

Таблица 4 – Морфологическая матрица для измерителя диаметра

	1	2	3	4
А. Электрический сигнал	Ток	Напряжение	Частота	Фаза
Б. Источник питания	Сеть	Аккумулятор	Батарейки	
В. Способ монтажа элементов	Поверхностный монтаж	Пайка на весу	Вставка в панели	Пайка в отверстия
Г. Корпус	Сталь	Дюраль	Пластик	Дерево
Д. Управление	Автоматическое	Ручное	Комбинированное	
Е. Первичный преобразователь	Цифровой	Аналоговый	Комбинированный	

В ходе анализа данной матрицы, наиболее удачными вариантами являются:

A1B3B2Г1Д3Е3 – является самым дешёвым вариантом исполнения, т.к. монтаж элементов происходит на «весу», используются дешёвые материалы для корпуса. Также в роли источника питания выступают обычные батарейки типа АА, что значительно снижает цену на данное устройство.

A3B2B1Г2Д1Е1 - считается компактным вариантом устройства. Т.к. для изготовления будут применены SMD-компоненты, которые занимают очень малое количество пространства на плате и в корпусе. Применяемый вид элемента питания, так же даёт возможность изготавливать данный прибор неразборным (монолитным).

A2B1B4ГЗД2E2 - самый универсальный способ изготовления прибора. В нём применяются стандартные электронные компоненты и будет использоваться сеть в качестве источника питания.

5.3 Планирование научно-исследовательских работ

5.3.1 Разработка графика проведения научного исследования

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.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (16)$$

где: $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}} = 104$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

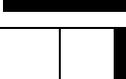
Все рассчитанные значения вносим в таблицу 5.

После заполнения таблицы 5 строим календарный план-график (таблица 6). График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделим различной штриховкой в зависимости от исполнителей.

Таблица 5 – 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			$t_{ож}$, чел-дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3								
Составление и утверждение темы технического задания	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель		2	2	2	3	3	3
Подбор и изучение материалов по теме	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Рук.-студ.		1	1	1	2	2	2
Проведение патентных исследований	1	1	1	5	5	5	2,6	2,6	2,6	Студ.-рук.		1	1	1	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	2	3	4	4	1,4	2,8	2,8	Руководитель		1	2	2	2	3	3
Календарное планирование работ	1	1	1	3	3	3	1,8	1,8	1,8	Руководитель		2	2	2	3	3	3
Изучение литературы по теме	7	7	7	14	14	14	9,8	9,8	9,8	Студент		10	10	10	15	15	15
Проведение теоретических расчетов и обоснований	5	6	6	8	9	9	6,2	7,2	7,2	Студ.-рук.		3	4	4	5	6	6
Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	3	5	5	5	7	7	3,8	5,8	5,8	Студент		4	6	6	6	9	9
Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	1	2	3	3	4	5	1,8	2,8	3,8	Студент		2	3	4	3	5	6
Выбор и расчет конструкции	1	2	2	2	3	3	1,4	3	3	Студент		2	3	3	3	5	5
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студ.-рук.		2	2	2	3	3	3
Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации, графического материала)	1	1	1	4	4	4	2,2	2,2	2,2	Студент		3	3	3	4	4	4

Таблица 6 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кп} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ										
				Март			апрель			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	3											
2	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	2		 									
3	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	2		 									
4	Выбор направления исследований	Руководитель	2											
5	Календарное планирование работ	Руководитель	3											
6	Изучение литературы по теме	Студент	15											
7	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студ.-рук.	5					 						
8	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент	6											
9	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Студент	3											
10	Выбор и расчет конструкции	Студент	3											
11	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Студ.-рук.	3								 			
12	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации, графического материала)	Студент	4											

 – студент;  – руководитель.

5.3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

5.3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi}, \quad (17)$$

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

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

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов.

Таблица 7 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы, (Z _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Печатная плата	шт.	0	1	1	0	350	350	0	402,5	402,5
Индикатор	шт.	4	4	4	60	60	60	276	276	276
Радиодетали	шт.	50	30	25	5	3	10	287,5	172,5	287,5
Припой	см	95	135	155	1	1	1	109,25	155,25	178,25

Продолжение таблицы 7

микросхемы	шт.	3	3	5	350	120	100	1207,5	414	575
Эл. Энергия	Вт	95	450	130	1.5	1.5	1.5	163.9	776.3	224.3
Итого:								2044,15	2196,55	1943,55

5.3.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) 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.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Таблица 8 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Осциллограф	1	1	1	19800	19800	19800	22770	22770	22770
2	Паяльная станция	1	1	1	1280	1280	1280	1472	1472	1472
4	Источник питания	1	1	1	18000	18000	18000	20700	20700	20700
Итого:								44942	44942	44942

5.3.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 9.

Таблица 9 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудо-емкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
			Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
2.	Анализ актуальности темы	Рук.-студ.	1	1	1	4,4			5	5	5
3.	Поиск и изучение материала по теме	Студ.-рук.	1	1	1	4,4			5	5	5
4.	Выбор направления исследований	Руководитель	1	2	2	3,6			4	8	8
5.	Календарное планирование работ	Руководитель	2	2	2	3,6			8	8	8
6.	Изучение литературы по теме	Студент	10	10	10	0,8			8,9	8,9	8,9
7.	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студ.-рук.	3	4	4	4,4			14,8	19,7	19,7
8.	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Студент	4	6	6	0,8			3,6	5,4	5,4
9.	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Студент	2	3	4	0,8			1,8	2,7	3,6
10.	Выбор и расчет конструкции	Студент	2	3	3	0,8			1,8	2,7	2,7
11.	Составление пояснительной записки	Студ.-рук.	2	2	2	4,4			9,8	9,8	9,8

Продолжение таблицы 9

12.	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации, графического материала)	Студент	3	3	3	0,8	2,7	2,7	2,7
Итого							79,7	84,2	85,1

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент. Принимая во внимание, что за час работы руководитель получает 450 рублей, а студент 100 рублей (рабочий день 8 часов).

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (18)$$

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

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

Максимальная основная заработная плата руководителя (доктора наук) равна примерно 48000 рублей, а студента 31700 рублей.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = K_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (19)$$

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

Таким образом, заработная плата руководителя равна 53760 рублей, студента – 35504 рублей.

5.3.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

На 2014 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №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%.

Таблица 10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб			Дополнительная заработная плата, руб		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Руководитель проекта	48000	57000	57000	5760	6840	6840
Студент-дипломник	31700	27200	28100	3804	3264	3372
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	24190,5 руб.					
Исполнение 2	25556,4 руб.					
Исполнение 3	25829,5 руб.					

5.3.3.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (19)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом, наибольшие накладные расходы при первом исполнении равны: $Z_{\text{накл}} = 3745306,5 \cdot 0,16 = 599249,2$ руб.

3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 11 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	2044,15	2196,55	1943,55	Пункт 3.3.1
2. Затраты на специальное оборудо- вание для научных (эксперимен- тальных) работ	44942	44942	44942	Пункт 3.3.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей	79700	84200	85100	Пункт 3.3.3
4. Затраты по дополнительной зара- ботной плате исполнителей	9564	10104	10212	Пункт 3.3.3

Продолжение таблицы 11

5. Отчисления во внебюджетные фонды	24190,5	25556,4	25829,5	Пункт 3.3.4
6. Накладные расходы	25670,504	26719,832	26884,328	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НИИ	186111,154	193718,782	194911,378	Сумма ст. 1- 6

5.4 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.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 12.

Таблица 12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой ко- эффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Надежность	0,2	5	5	4
2. Универсальность	0,2	4	4	5
3. Помехоустойчивость	0,15	4	4	5
4. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,20	5	5	4
5. Ремонтопригодность	0,1	5	5	5
6. Материалоемкость	0,15	4	4	5
ИТОГО	1	4,65	3,15	3,8

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

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Таблица 13 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,95	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,5	4,55
3	Интегральный показатель эффективности	4,73	4,54	4,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,95	0,96

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 реализация измерителя диаметра в третьем исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе.

Список публикаций

1. Fedorov E. M. , Koba A. A. Three-axis laser method for measuring the diameter of cylindrical objects // 2016 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines, Dynamics 2016, Omsk, November 15-17, 2016. - New York: IEEE, 2017 - p. 1-4
2. Fedorov E. M. , Koba A. A. Diameter Calculation in Contactless Three-Axis Measuring Devices // MATEC Web of Conferences . - 2016 - Vol. 79, Article number 01082. - p. 1-8
3. Коба А. А. Апробация математической модели лазерного трехкоординатного измерителя диаметра цилиндрических объектов // Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее: сборник научных трудов V Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых: в 3 т., Томск, 3-8 Октября 2016. - Томск: ТПУ, 2016 - Т. 1 - С. 103-108