

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
 Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ И СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ

УДК: 531.71.08:621.315.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б81	Веселов Александр Сергеевич		01.06.2022

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Федоров Е.М.	к.т.н., доцент		01.06.2022

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	д.э.н., профессор		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 12.03.01 Приборостроение	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б.	к.т.н., доцент		01.06.2022

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции СУ-ОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать в повседневной жизни и в профессиональной деятельности безопасные условия жизнедеятельности для сохранения природной среды, обеспечения устойчивого развития общества, в том числе при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций и военных конфликтов
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
УК(У)-10	Способен принимать обоснованные экономические решения в различных областях жизнедеятельности
УК(У)-11	Способен формировать нетерпимое отношение к коррупционному поведению
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения
ОПК(У)-2	Способен осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, социальных, интеллектуально-правовых и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
ОПК(У)-3	Способен проводить экспериментальные исследования и измерения, обрабатывать и представлять полученные данные с учетом специфики методов и средств технических измерений в приборостроении
ОПК(У)-4	Способен использовать современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности
ОПК(У)-5	Способен участвовать в разработке текстовой, проектной и конструкторской документации в соответствии с нормативными требованиями
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен к организации и проведению работ по техническому контролю и диагностированию объектов
ПК(У)-2	Способен к разработке технологических процессов и технической документации на изготовление, сборку, юстировку и контроль контрольно-измерительных приборов и систем
ПК(У)-3	Способен к организации и проведению контроля качества изделий на всех этапах производственного цикла
ПК(У)-4	Способен к организации и проведению постпродажного обслуживания и сервиса
ПК(У)-5	Способен к эксплуатации, диагностике и ремонту контрольно-измерительных приборов
ПК(У)-6	Способен к проектированию и конструированию контрольно-измерительных приборов, их составных частей в соответствии с техническим заданием

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
 Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ 25.10.2021 Б.Б. Мойзес

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Б81	Веселов Александр Сергеевич

Тема работы:

ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ И СКОРОСТИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПРОТЯЖЕННЫХ ИЗДЕЛИЙ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ №358-10/с от 24.12.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:

01.06.2021

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<p><i>Объект разработки:</i> структурная схема электромеханического ременного измерителя длины протяженных изделий</p> <p><i>Предмет исследования:</i> методы и приборы измерения скорости и длины протяженных изделий. Исследование факторов, влияющих на погрешность измерения электромеханических ременных измерителей.</p> <p><i>Оборудование и его основные характеристики:</i> измеритель длины кабеля ременного типа «ИД-50»</p> <ul style="list-style-type: none"> – диапазон измерения длины: (0...100 000) м.; – разрешение: 0,0005 м.; – погрешность измерения длины: 0,2 %; – погрешность измерения скорости: 2 %.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Анализ источников информации по теме работы. 2. Разработка структурной схемы измерителя длины. 3. Подготовка и проведение эксперимента с последующей обработкой результатов. 4. Рассмотрение вопросов социальной ответственности и финансового менеджмента. 5. Выводы о достижении поставленной цели.

Перечень графического материала	Нет
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Гасанов Магеррам Али оглы
«Социальная ответственность»	Авдеева Ирина Ивановна
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	25.10.2021

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Федоров Е.М.	к.т.н., доцент		25.10.2021

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б81	Веселов Александр Сергеевич		25.10.2021

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 12.03.01 Приборостроение
 Отделение контроля и диагностики
 Период выполнения 2021/2022 учебные года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2021
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
30.12.2021	Обзор источников информации	30
30.12.2021	Формулирование целей и задач работы, формулирование предмета и объекта разработки	5
28.02.2022	Ознакомление с оборудованием для проведения экспериментов	20
30.04.2022	Разработка плана эксперимента и его проведение, интерпретация результатов эксперимента	20
20.05.2022	Анализ полученных результатов и выводы о достижении цели в основном разделе ВКР	5
01.06.2022	Разработка разделов «Социальная ответственность», «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
01.06.2022	Оформление ВКР и презентационных материалов	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Федоров Е.М.	к.т.н., доцент		25.10.2021

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 12.03.01 «Приборостроение»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Б.Б.	к.т.н., доцент		25.10.2021

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
1Б81		Веселов Александр Сергеевич	
Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

Тема ВКР:

Измерение длины и скорости перемещения протяженных изделий	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<p><u>Объект исследования:</u> средства измерения длины и скорости перемещения кабеля и других протяжённых объектов в процессе их производства.</p> <p><u>Область применения:</u> кабельная промышленность.</p> <p><u>Рабочая зона:</u> производственное помещение.</p> <p><u>Размеры помещения:</u> 9 x 6 x 2,5 м.</p> <p><u>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</u> измеритель длины ИД-50; счетчик СДУ-1; поршневой масляный компрессор DC 320/24 CM2.5; контрольные образцы в виде трубок из разных материалов, имеющие разные длины и диаметры; персональный компьютер.</p> <p><u>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</u> измерение длины и скорости движения разных контрольных образцов с помощью измерителя ИД-50; обработка экспериментальных данных.</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации	<p>ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие технические требования безопасности;</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования;</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;</p> <p>СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания;</p> <p>Приложение к приказу Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 15.12.2020 N 903н. Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок;</p> <p>Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда";</p> <p>ТК РФ Статья 197. Право работников на подготовку и дополнительное профессиональное образование, на прохождение независимой оценки квалификации.</p>
2. Производственная безопасность при эксплуатации	<p>Опасные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов; 2. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которого попадает работающий; 3. Статическое электричество; 4. Поражение электрическим током из-за короткого замыкания; 5. Подвижные части производственного оборудования, наносящие удар по телу работающего. <p>Вредные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Отсутствие или недостаток необходимого искусственно-

	<p>го освещения;</p> <p>2. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума;</p> <p>3. Монотонность труда, вызывающая монотонию;</p> <p>4. Длительное сосредоточенное наблюдение;</p> <p>5. Повышенный уровень общей вибрации;</p> <p>6. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего.</p> <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: электрическая изоляция токоведущих частей; система искусственного освещения; беруши; виброизолирующие и предохранительные устройства; защитные костюмы; резиновые перчатки; оградительные устройства и предупреждающие плакаты.</p>
3. Экологическая безопасность при эксплуатации	<p>Воздействие на селитебную зону отсутствует.</p> <p>Воздействие на литосферу: стружка, пыль, макулатура, утилизация электронных компонентов, утилизация люминесцентных ламп.</p> <p>Воздействие на гидросферу: продукты жизнедеятельности персонала; попадания продуктов коррозии утилизированных электронных компонентов.</p> <p>Воздействие на атмосферу: выбросы из вентиляционной системы производственного помещения.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	<p>Возможные ЧС: природного характера (град, ураган, землетрясение и т.д.); техногенного характера (пожар, обрушение здания, взрыв, авария на электроэнергетических установках);</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар, в следствии короткого замыкания</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
01.03.2022	

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б81	Веселов Александр Сергеевич		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1Б81	Веселов Александр Сергеевич

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	12.03.01 Приборостроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки позволяет говорить о том, что разработка считается перспективной и ее следует развивать.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование бюджета научных исследований состоит из: материальных затрат НИИ, затрат на спецоборудование для научных работ, затрат по основной заработной плате исполнителей работы, затрат по дополнительной заработной плате исполнителей работы, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.04.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Гасанов М.А.	д.э.н., профессор		22.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б81	Веселов Александр Сергеевич		22.02.2022

Реферат

Дипломный проект состоит из пояснительной записки, содержащей 91 страниц машинописного текста, 26 рисунков, 27 таблиц, 35 источников литературы.

Ключевые слова: протяженные изделия, методы измерения длины, ременной электромеханический измеритель, измерение длины, измерение скорости.

Объектом исследования являются методы и приборы измерения скорости и длины протяженных изделий; исследование факторов, влияющих на погрешность измерения электромеханических ременных измерителей.

Цель работы – исследовать теоретические аспекты методов измерения скорости и длины протяженных изделий; разработать структурную схему ременного электромеханического измерителя; выявить, есть ли зависимость точности измерения длины от диаметра контролируемых изделий.

В процессе работы проводился теоретический анализ и проводились измерения длин различных образцов на ременном электромеханическом измерителе ИД-50.

В результате исследования удалось установить, что корреляции между диаметром контролируемого изделия и погрешностью измерения в большинстве случаев нет.

Степень внедрения: исследование. Рекомендуется проведение дополнительных исследований с целью установление дополнительных факторов, влияющих на точность измерений.

Область применения: полученные результаты могут быть применены для снижения погрешности электромеханических измерителей длины для кабельной, трубной, оптоволоконной и других областей промышленности.

Определения, обозначения, сокращения

В работе использовались следующие обозначения и определения:

ЛДИ – лазерный доплеровский измеритель;

НИ – научное исследование;

НТИ – научно-техническое исследование.

Оглавление

Введение.....	13
1 Протяженные изделия как объекты контроля	15
2 Обзор методов измерения длины и скорости протяженных изделий	18
2.1 Прямые методы измерения.....	19
2.1.1 Метод непосредственной оценки	19
2.1.2 Контактный метод (электромеханические измерители).....	20
2.1.2.1 Электромеханические ременные измерители.....	28
2.1.2.2 Электромеханические измерители вращающихся изделий	30
2.1.3 Бесконтактные методы измерения	32
2.1.3.1 Фотоимпульсный метод измерения	32
2.1.3.2 Метод меток.....	37
2.2 Косвенные методы измерений	40
2.2.1 Растровый метод	40
2.2.2 Корреляционный метод.....	42
2.2.3 Метод на основе эффекта Доплера	45
2.3 Исследование метода	48
3 Экспериментальная часть	50
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	54
4.1 Анализ конкурентных технических решений	55
4.2 SWOT-анализ	56
4.3 Планирование научно-исследовательских работ.....	60
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	60
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	61
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	62
4.4 Бюджет научно-технического исследования.....	66
4.4.1 Расчет материальных затрат	66
4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	67
4.4.3 Основная заработная плата исполнителя темы	68
4.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	70

4.4.5	Отчисления во внебюджетные фонды	70
4.4.6	Накладные расходы	70
4.4.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	71
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования...	71
4.6	Заключение по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	74
5	Социальная ответственность	75
5.1	Организационные и правовые вопросы обеспечения безопасности....	75
5.2	Производственная безопасность.....	77
5.3	Экологическая безопасность	82
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	84
5.5	Заключение по разделу «Социальная ответственность».....	85
	Заключение	87
	Список используемых источников.....	88

Введение

В наше время контроль качества, надежность, безопасность и экономичность лежат в основе производства любых изделий во всех сферах народного хозяйства. Для максимальной эффективности контроля важно осуществлять его на начальных этапах разработки и поддерживать его в течение всего цикла производства.

Важным фактором для развития производства является быстроедействие сопряженных с ним процессов. В частности, очень большая роль отводится непрерывному измерению таких параметров как скорость и длина изготавливаемой продукции.

Контроль длины и скорости изделий наиболее актуален для таких отраслей промышленности, как цветная и черная металлургия, легкая, целлюлозно-бумажная и кабельная; при определении пути, который был преодолен роботизированными устройствами или подвижными диагностическими приборами с целью определения их пространственных координат; актуален и в транспортной сфере для полигонных испытаний и оценке движения рельсового транспорта.

В первую очередь промышленный контроль длины и скорости проводится на предприятиях-изготовителях, также он осуществляется на предприятиях торговли и предприятиях-потребителях продукции на участках приемки.

Точное и надежное измерение скорости движения и длины протяженных изделий является одним из важных факторов повышения эффективности технологических процессов производства, раскрытия и коммерческого учета продукции в соответствующей отрасли промышленности. Оперативный контроль размеров продукции позволяет своевременно скорректировать отдельные операции технологического процесса, технические параметры и внести изменения в конструкцию изделия. Контроль длины и скорости, помимо очевидной возможности снижения использования сырья и материалов, обеспечивает поддержание электрических характеристик, связанных с геометрическими параметрами, не-

которых протяженных изделий, например, кабелей.

Контроль длины кабеля и скорости его движения в процессе его движения по производственной линии имеет исключительно важное значение. В производстве кабелей используется большое количество сырья, особенно, при производстве подводных силовых кабелей. Контроль расхода материала, а также учет всех влияющих и вредных факторов на результат измерения контролируемых параметров способствует росту экономичности производства подобных изделий.

Сложность точного измерения длины и скорости движения еще непосредственно связана с неравномерностью движения протяженного изделия, непостоянством расстояния между датчиками и объектом контроля и трудностями надежного обеспечения контакта датчиков с движущимися объектами и изменением расстояния между ними и объектом контроля.

Для решения подобных проблем необходимо определить степень влияния каждого внешнего фактора, определить зависимость и в соответствии с этим оценивать результирующее значение измеряемого параметра.

В качестве объекта исследования в данной работе выступают методы и приборы контроля длины и скорости движения протяженных изделий.

Предмет исследования – определение конкретных мешающих факторов, оказывающих наибольшее влияние на результаты измерения длины и скорости, и определение степени их влияния на точность измерений.

Результаты исследований, приведенные в данной работе, могут быть применены на предприятиях кабельной промышленности, а также на предприятиях, занимающихся производством приборов для измерения соответствующих параметров при производстве кабелей.

1 Протяженные изделия как объекты контроля

Во многих отраслях промышленности, в особенности, в таких как черная и цветная металлургия, кабельное, текстильное и резинотехническое производства самыми распространенными производимыми продуктами являются те, которые можно объединит под одним названием «протяженные изделия». Под протяженными также подразумевают длинномерные, рулонные, профилированные и так далее.

К производствам протяженных изделий относятся прядильные, прокатные и трубопрокатные, кабельные, проволочные, бумажные, картонные, производства профилированных резиновых изделий, корда, а также слоистых, импрегнированных изделий из различных материалов, производство оптоволокна и некоторые другие. Специфическими, но близкими по сущности являются производства фото- и киноматериалов, магнитных лент, которые в последнее время постепенно вытесняются за счет применения других носителей информации. Крупными масштабами отличаются производства бумаги и картона, рулонного металла и проволоки с покрытиями антикоррозионного, декоративного и другого назначения; прядильные производства; производства корда и резиновых профилированных заготовок.

Протяженные изделия могут изготавливаться различными методами: прокатка, волочение, профилирование и так далее. В кабельной промышленности, в частности, наибольшее применение нашли волочение и прокатка. Производство кабеля характеризуется поточностью процесса и его непрерывностью, поэтому крайне важна не только высокая производительность, но и высокое качество производства и экономичность. Необходимое качество процесса и экономичность производства достигается за счет постоянного контроля скорости движения изготавливаемого изделия и его длины на каждом этапе производства.

Технология производства кабеля включает следующие этапы:

1. Подготовка исходных материалов, поступающих из отдающего

устройства, к прокатке (медная или алюминиевая катанка).

2. Выпрямление жилы на рихтовальном станке.
3. Поступление выпрямленной жилы на головку экструдера, где осуществляется нанесение изоляции, а затем охлаждение в ванне.
4. Измерение диаметра кабеля и поступление в воздушный обдув для сушки.
5. Нанесение маркировки лазерным маркировщиком.
6. Попадание изделия в устройство двухколесного типа, которое тянет его для подачи в лентообмотчик.
7. Проверка электрического сопротивления изоляции на аппарате контроля изоляции.
8. Измерение длины на счетчике метража.
9. Далее провод попадает на приемное устройство и наматывается на металлический барабан.
10. После, барабан с проводом устанавливается в бухтовщик, необходимый для намотки провода в бухты заданного метража.



Рисунок 1 – Схема производства кабеля

Протяженные изделия как объекты контроля отличаются номенклатурным разнообразием, материалоемкостью, габаритностью и существенным превышением длины над поперечным сечением. Диагностирование технологических процессов производств протяженных изделий сопряжено с определенными трудностями. Ввиду непрерывного характера технологических процессов (реализуется совмещением технологических операций, выполняемых «на проход») возникает необходимость проведения диагностических процедур непосредственно в процессе эксплуатации оборудования. Как правило, все производства протяженных изделий характеризуются набором параметров продук-

ции, которые необходимо непосредственно и непрерывно измерять по мере ее выпуска. Например, в прокатном, трубопрокатном и проволочном производствах – текущие значения геометрических размеров, температуры проката и проволоки; в кабельном производстве – длина, скорость движения, толщина и эксцентricность слоя изоляции.

Сложность измерения длины и скорости в процессе производства кабеля обусловлена неравномерностью движения и изменением расстояния между датчиками и объектом контроля, а также влиянием внешних факторов и контакта измерителя с объектом контроля.

2 Обзор методов измерения длины и скорости протяженных изделий

Говоря о современном производстве, необходимо обязательно отметить господствующую тенденцию автоматизации процессов измерения и контроля. Но важен не столько сам процесс объединения в единой технологической линии процессов производства и контроля, сколько достижение требуемой измерительной точности.

Подобные веяния в промышленном производстве порождают постоянный рост требований к средствам и методам контроля. При контроле длины и скорости протяженных изделий к современным измерительным устройствам предъявляются следующие требования:

- высокая надежность;
- универсальность;
- высокая чувствительность и устойчивость к помехам;
- эргономичность и простота эксплуатации;
- возможность проведения бесконтактных измерений;
- широкий диапазон измерения.

В настоящее время все методы измерения длины разделяются на две большие группы: прямые и косвенные.

Прямые методы позволяют сразу получить искомую величину без дополнительных преобразований. Косвенными методами определяются только величины, функционально связанные с искомыми величинами.

Далее, прямые методы с точки зрения технической реализации представлены двумя большими классами: контактные измерители длины и бесконтактные.

Метод прямого измерения представлен средствами прямого контактного измерения и электромеханическими измерителями. Косвенные методы измерения представлены методами на основе эффекта Доплера, корреляционными и

растровыми методами. Классификация методов представлена на рисунке 2 [1]:

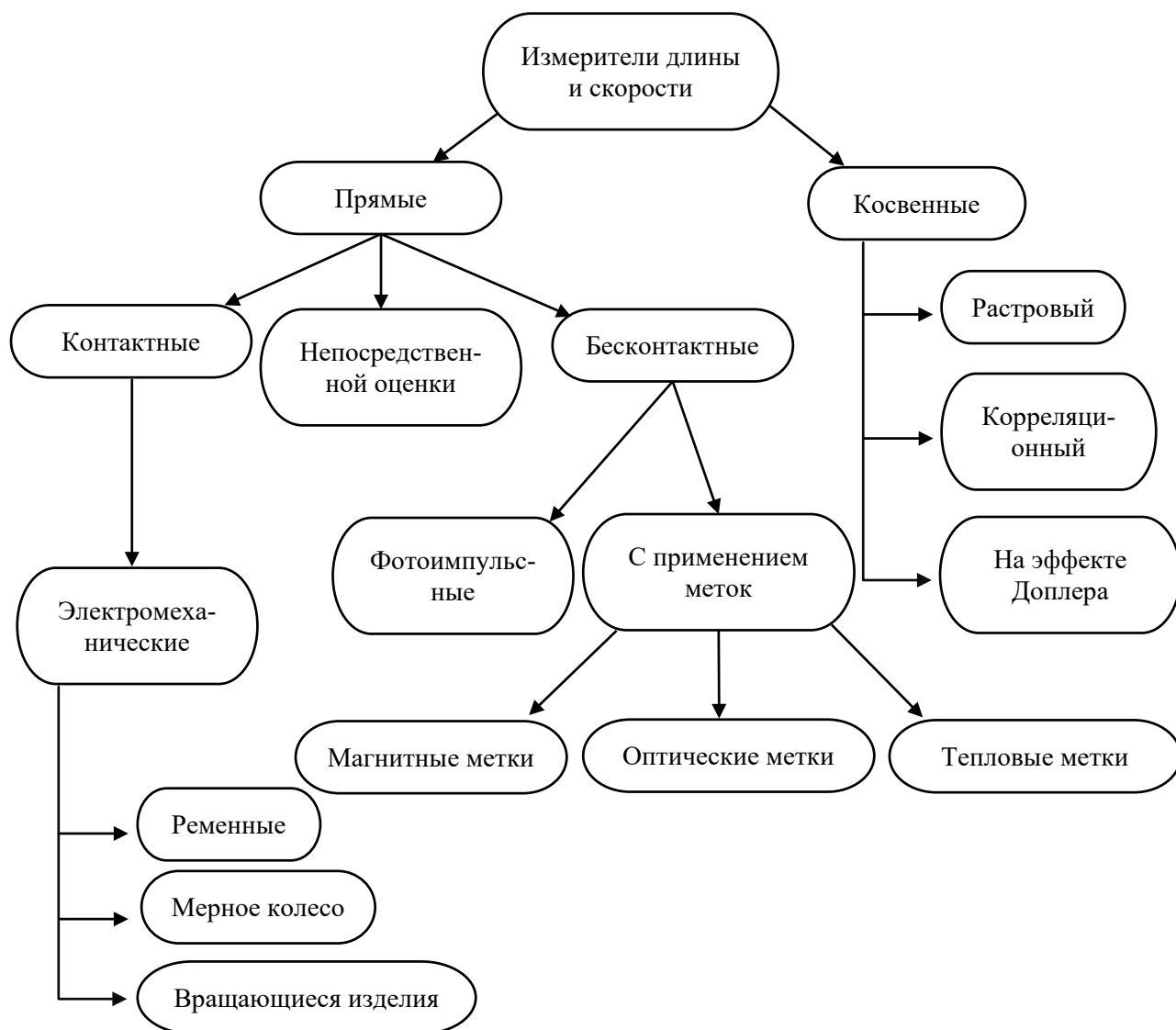


Рисунок 2 – Схема методов измерения скорости и длины

2.1 Прямые методы измерения

2.1.1 Метод непосредственной оценки

Подобный метод измерения длины является самым простым в своем роде. Для измерений прямым контактным методом используются метражные механические устройства с погрешностью измерения не более 1 %, а также мерные ленты и линейки, соответствующие технической документации [2].



Рисунок 3 – Примеры измерителей методом непосредственной оценки: а – линейка; б – рулетка

Вышеперечисленные средства измерения очень дешевы и просты, но имеют ряд существенных недостатков: не обладают достаточной точностью; требуют постоянного участия человека; не применимы для измерения скорости; затруднен непрерывный контроль непосредственно в процессе производства.

2.1.2 Контактный метод (электромеханические измерители)

Электромеханические измерители на основе мерного колеса среди всех механических измерителей пользуется наибольшей популярностью. Принцип работы заключается в следующем: круглые измерительные валики, вращаемые вокруг собственной оси, прижимаются к контролируемому протяженному изделию и обкатывают его при поступательном движении.

С каждым валиком непосредственно связан импульсный датчик, выдающий определенное число импульсов за один оборот валика. В данном случае исключительно важно определить цену импульса:

быть определена по следующей формуле:

$$k = \frac{\pi D}{n\mu}, \quad (1)$$

где D – диаметр измерительного валика; n – число импульсов на один оборот датчика; μ – передаточное отношение между валиком и датчиком.

В процессе производства очень важно учитывать и своевременно оцени-

вать износ измерительного валика. С учетом этого цена импульса может быть определена следующим образом:

$$\Delta k = \frac{\pi \Delta D}{n\mu} = \frac{k \Delta D}{D}. \quad (2)$$

Подсчитав число импульсов m , можно определить длину изделия L при отсутствии проскальзывания:

$$L = k \cdot m. \quad (3)$$

К основным недостаткам рассматриваемого метода можно отнести возможное проскальзывание валика по изделию. В качестве средств решения применяются различные дополнительные или специальные средства. К ним относятся специальные прижимы и магнитные ролики.

Еще одним существенным недостатком выступает снижение точности измерения, обусловленное износом валика и, соответственно, уменьшением его диаметра. Так как относительное изменение диаметра ролика уменьшается с его увеличением, то для снижения ошибки измерения при прочих равных условиях ролик изготавливается большего диаметра. Дополнительно для уменьшения износа часто предусмотрены сменные рубашки [2].

Важным конструктивным элементом в составе электромеханического измерителя является энкодер. При выборе энкодера следует обращать внимание на его основной параметр – стабильность импульса, выдаваемого при повороте измерительного валика, – и его техническое исполнение. Схема электромеханического измерителя на основе мерного колеса представлена на рисунке 4:

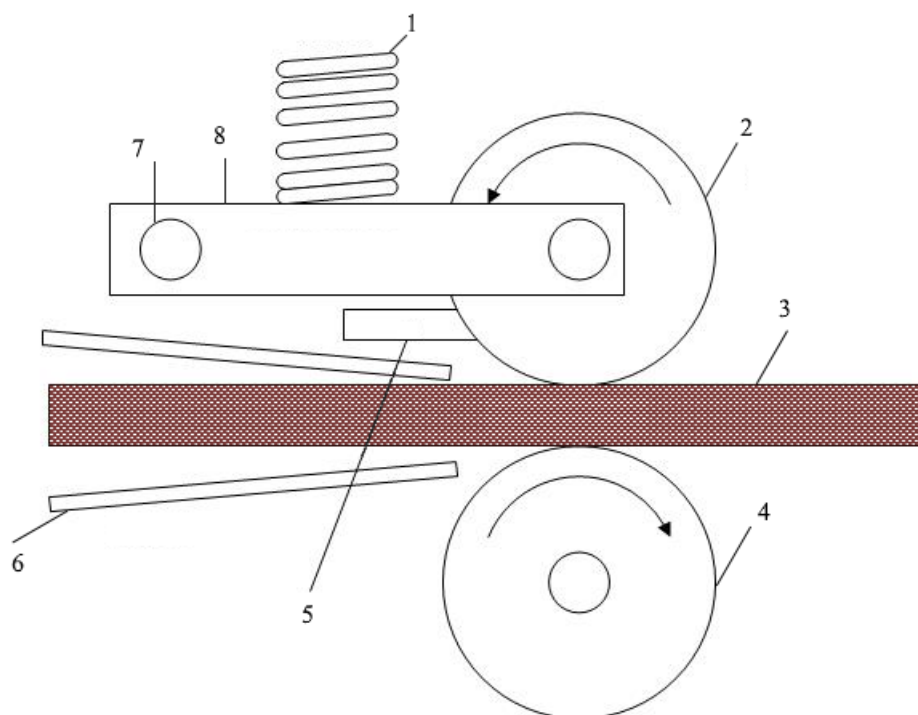


Рисунок 4 – Схема электромеханического измерителя: 1 – прижимное устройство; 2 – подвижный мерительный ролик с энкодером; 3 – измеряемый объект; 4 – прижимной ролик; 5 – зафиксированный упор обратного хода; 6 – направляющие; 7 – точка опоры вращающегося ролика; 8 – натяжной рычаг

Несмотря на все принимаемые меры, полностью избежать проскальзывание между роликом и изделием не удастся, особенно в переходных режимах. Ошибка измерения в этом случае зависит от длины изделия и может достигать величин, не удовлетворяющих требованиям производства. В связи с этим схему измерительной установки строят так, что производят измерение с помощью мерительного ролика не всего изделия, а только части, равной превышению длины изделия над так называемым «базовым расстоянием» L_6 [3]. Учитывая потенциальную возможность пробуксовки измерительных валиков на каком-либо участке протяженного изделия, вводят фиксированную контрольную длину L_0 , равную одному импульсу. Эти две длины, как правило, совмещаются. В таком случае, точность ощутимо повышается.

Блок-схема электромеханического измерителя представлена на рисунке 5

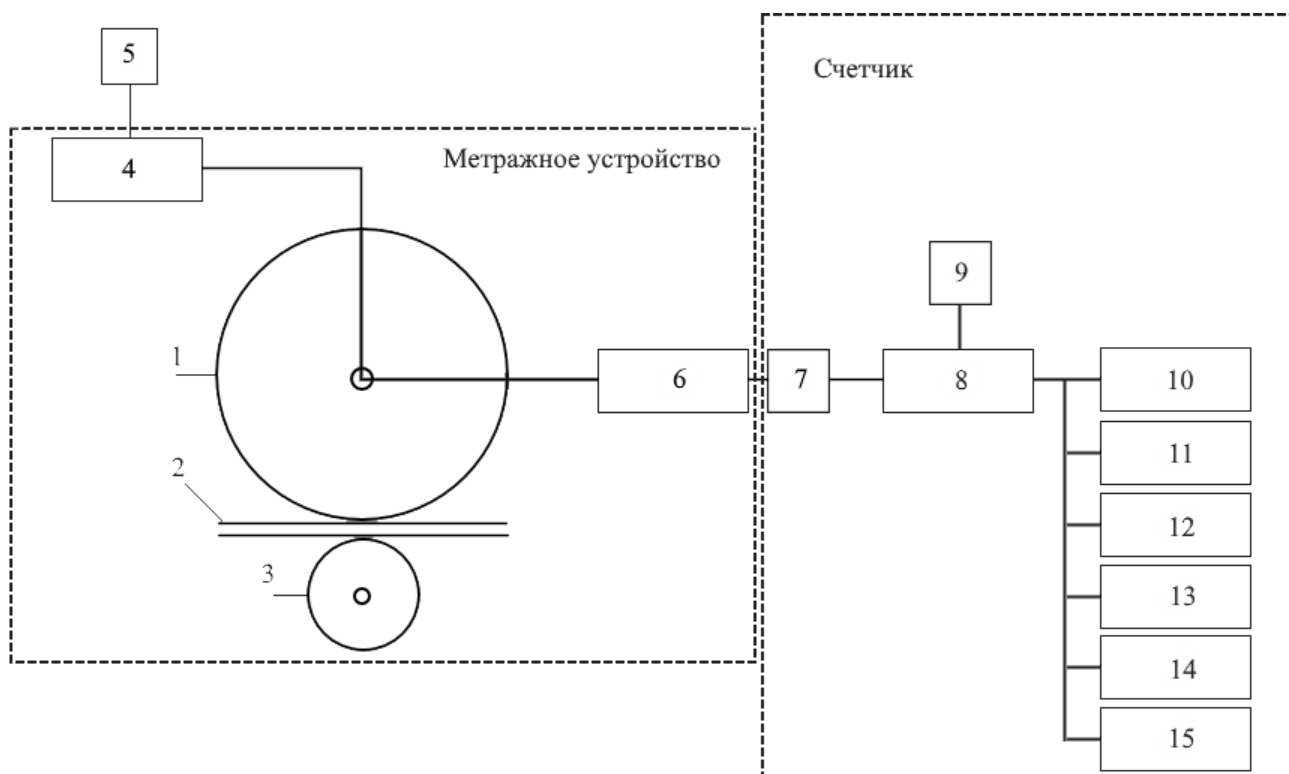


Рисунок 5 – Блок–схема электромеханического измерителя длины с базовой L_6 и контрольной длиной L_0 : 1 — мерное колесо; 2 — объект контроля; 3 — прижимной ролик; 4 — система прижима (пневматическая); 5 — пневмоблок; 6 — реверсивные энкодер; 7 — гальваническая развязка; 8 — микроконтроллер; 9 — EEPROM память; 10 — индикатор общей длины; 11 — индикатор длины бухты; 12 — индикатор скорости; 13 — индикатор установочного значения длины бухты; 14 — автоматика; 15 — выходы цифровых интерфейсов.

Согласно схемы (Рисунок 5) классический электромеханический измеритель конструктивно можно разделить на две части: метражное устройство и счетчик.

Мерное колесо 1, как правило, располагается над контролируемым объектом 2, а для более тесного и постоянного контакта объект прижимается к мерному колесу с помощью прижимного валика 3. В свою очередь, мерное колесо имеет возможность совершать незначительные движения по вертикали за счет системы прижима 4, выполненной в большинстве случаев на основе пневматики. Пневматика регулирует силу прижима мерительного ролика, не давая давить на изделие с слишком большой силой, так как, в противном случае, колесо начинает прижиматься к объекту контроля и в расчетах длины необходимо

учитывать диаметр контролируемого объекта. Пневматикой управляет пневмоблок 5. Выработкой импульсов при обороте мерного колеса занимается реверсивный энкодер 6. Реверсивный значит, что он может вести измерение при движении объекта в обе стороны. Также стоит учитывать, что метражное устройство и счетчик гальванически развязаны. Это сделано для того, чтобы увеличить помехозащищенность в проводах, соединяющих счетчик с измерительной частью, так как соединительные провода зачастую бывают очень большой длины и влияние внешних факторов таких как, например, внешние электромагнитные поля, очень велико.

Основным элементом счетчика выступает микроконтроллер 8, являющийся вычислительным мозгом всей конструкции. На нем осуществляется перерасчет поступающих от энкодера импульсов в длину в соответствии с формулами 1.1 и 1.3. В состав микроконтроллера, помимо прочего, включен таймер, измеряющий время. С микроконтроллером в паре работает дополнительно блок EEPROM памяти 9. Он предназначен для предварительного ввода некоторых значений, в соответствии с которыми осуществляется контроль объекта. Далее рассчитанные значения длины и скорости движения протяженного изделия поступают на блоки выходных данных: индикатор общей длины 10, на котором показывается текущая длина измеряемого объекта; индикатор длины бухты 11, на котором показывается значение длины намотанного на бухту кабеля (бухта – кабель, свернутый кругами и намотанный на катушку); индикатор скорости 12, на котором указывается скорость протягиваемого кабеля; индикатор установочного значения бухты 13, на котором показывается заранее введенное значение, в соответствии с которым происходит намотка кабеля на бухту и не более; в современных измерителях присутствуют выходы цифровых интерфейсов 15, позволяющие выводить всю информацию на компьютеры и позволяющие через них изменять установочные данные. Управление всеми процессами осуществляется через блок автоматики 14.

В качестве конкретного примера счетчика можно привести СДУ-1 производства предприятия «НПО Редвилл» (Рисунок 6).



Рисунок 6 – Счетчик СДУ-1

Работая в составе измерителя длины кабеля, выполняет следующие основные функции:

- питание импульсного датчика (энкодера) метражного устройства постоянным напряжением +12 В;
- прямой и обратный счет «общей длины» изделия, проходящего через метражное устройство;
- прямой и обратный счет текущей длины изделия, проходящего через метражное устройство;
- отображение на отдельном независимом индикаторе скорости движения измеряемого изделия [4].

Такой счетчик нашел свое применение на всех электромеханических измерителях производства компании «Редвилл».

Примером электромеханического измерителя на основе мерного колеса выступает прибор ИДМ-20 (Рисунок 7).



Рисунок 7 – Измерительная установка ИДМ-20

Измеритель длины ИДМ-20 предназначен для измерения длинномерных материалов (кабель, провод, трос, канат и т. п.) диаметром от 3 до 20 мм и может использоваться как самостоятельное средство измерения, так и в составе устройств для перемотки кабельно-проводниковой продукции. Устанавливается как на ручные станки для перемотки кабеля, так и на станки с приводом [5].

Основные технические характеристики измерителя ИДМ-20 представлены в таблице 1:

Таблица 1 – Технические характеристики измерителя ИДМ-20

Диапазон измерения длины при счете длины в прямом направлении счетчиком ОБЩИЙ, м	0 – 10 000
Диапазон измерения длины при счете длины в прямом направлении счетчиком БУХТА, м	0 – 10 000
Допускаемый диаметр измеряемого кабеля, мм	3 – 20
Разрешение, м	0,001 м
Максимальная скорость кабеля, м/мин	400 м/мин
Максимальная основная погрешность измерения длины, %	1
Максимальная основная погрешность измерения скорости, %	5
Потребляемая мощность, не более, Вт	5
Габариты метражного устройства, д×в×г, не более мм	202×130×148
Габариты счетчика, д×в×г, не более мм	120×94×57
Масса установки, не более, кг	4

В состав счетчика ИДМ-20 входит таймер, дающий возможность считать время прохождения кабеля через измеритель. В свою очередь, пройденная длина делится в счетчике на время прохождения и, в соответствии с рисунком 5, средняя скорость движения контролируемого изделия показывается на индикаторе скорости 13.

Данный метод измерения помимо уже упоминаемых недостатков – уменьшение точности из-за износа роликов и проскальзывание (проскальзывание и значительные вибрации не позволяют измерять скорости более 15 м/с) –

не может похвастаться универсальностью своего применения: важно учитывать ограничения применения для определенных условий контроля и видов объектов контроля, например, горячий прокат, сопряженный с высокими температурами окружающей среды, и производство оптоволоконных кабелей из-за их хрупкости. Дополнительно к недостаткам метода относятся резкое снижение точности измерения неровных изделий; возможная деформация контролируемого объекта в процессе контроля; значительная ошибка измерения, обусловленная изгибом (соответственно и деформацией) измеряемого изделия в месте контакта с колесом.

2.1.2.1 Электромеханические ременные измерители

Для нивелирования большинства недостатков стандартных электромеханических измерителей длины и скорости движения протяженных изделий применяются электромеханические ременные измерители. Они также в своей основе используют мерное колесо и прижимные ролики, но только мерительные ролики объединены ремнем (такие измерители еще называют гусеничными).

Использование ременной передачи в электромеханических измерителях характеризуется следующими положительными сторонами:

- отсутствие проскальзывание изделия (объект контроля прижимается не к ролику непосредственно, а к ремню, причем, по более обширной площади ремня по отношению к площади соприкосновения у мерного колеса);
- отсутствие ошибки измерения неровных поверхностей;
- точность измерения не зависит от степени износа ремней (в отличие от стандартных измерителей на основе мерного колеса в ременных измерителях износу подвергаются только ремни, а не мерительные ролики, но вклад степени износа ремня в точность измерений из-за его малой толщины является незначительным);
- отсутствие деформации измеряемого изделия (за счет более плотного прижимания изделия к ремню происходит равномерное распределение нагрузки измерительной части на объект);
- отсутствие погрешности, связанной с изгибом изделия.

Компания «НПО Редвилл» также занимается разработкой ременных электромеханических измерителей. Примером служит измеритель ИД-50 (Рисунок 8)



Рисунок 8 – Измерительная установка ИД-50

Основные технические характеристики измерителя ИД-50 представлены в таблице 2:

Таблица 2 – Технические характеристики измерителя ИД-50

Диапазон измерения длины при счете длины в прямом направлении счетчиком ОБЩИЙ, м	0 – 100 000
Диапазон измерения длины при счете длины в прямом направлении счетчиком БУХТА, м	0 – 10 000
Допускаемый диаметр измеряемого кабеля, мм	3 – 50
Разрешение, м	0.0005
Максимальная скорость кабеля, м/мин	250
Максимальная основная погрешность измерения длины, %	0,2
Максимальная основная погрешность измерения скорости, %	2
Наличие цифрового интерфейса	RS-485
Потребляемая мощность, не более, Вт	15
Габариты метражного устройства, д×в×г, не более мм	570×440×470
Масса метражного устройства, не более, кг	40
Габариты счетчика, д×в×г, не более мм	350×200×160
Масса счетчика, не более, кг	2,5

Как можно увидеть, ременная установка ИД-50 не уступает по техническим характеристикам установке ИДМ-20, использующей только мерное колесо при измерении. При этом ИД-50 лишена таких недостатков, которые присущи

ИДМ-20, что делает его более привлекательным для измерения длины и скорости.

2.1.2.2 Электромеханические измерители вращающихся изделий

Электромеханические измерители могут быть предназначены для измерения вращающихся изделий. В качестве примера таких измерителей выступает ИД-30Р (Рисунок 9).



Рисунок 9 – Измерительная установка ИД-30Р

ИД-30Р является устройством механического типа. Состоит из измерительных роликов, кинематически связанных между собой и имеющих прямой контакт с кабельным изделием. Давление роликов на измеряемое кабельное изделие регулируется пневматикой, что позволяет обеспечить надёжное сцепление измерительных роликов с кабельным изделием. За счет применения в конструкции поперечных роликов система позволяет продукту свободно проворачиваться в продольной оси. Встроенное программное обеспечение позволяет автоматически корректировать результат измерений с учетом диаметра кабельного изделия. Диаметр изделия вводится оператором. Дополнительно в состав системы может быть включен бесконтактный измеритель диаметра, что делает

процесс измерения длины полностью автоматическим. Метражное устройство обладает возможностью установки второго энкодера [6].

Таблица 3 – Технические характеристики измерителя ИД-30Р

Диапазон измерения длины при счете длины в прямом направлении счетчиком ОБЩИЙ, м	0 – 100 000
Диапазон измерения длины при счете длины в прямом направлении счетчиком БУХТА, м	0 – 10 000
Допускаемый диаметр измеряемого кабеля, мм	5 – 30
Разрешение, м	0,1
Максимальная скорость кабеля, м/мин	100
Максимальная основная погрешность измерения длины, %	0,5
Максимальная основная погрешность измерения скорости, %	2
Наличие цифрового интерфейса	<i>RS-485</i>
Потребляемая мощность, не более, Вт	15
Габариты метражного устройства, д×в×г, не более мм	370×320×240
Масса метражного устройства, не более, кг	15
Габариты счетчика, д×в×г, не более мм	350×200×160
Масса счетчика, не более, кг	2,5

2.1.3 Бесконтактные методы измерения

Особой популярностью среди различных методов измерения занимают бесконтактные. Их востребованность объясняется дополнительными возможностями при измерениях в тех случаях, когда нет возможности по какой-либо причине использовать контактные методы. К производствам, где применение бесконтактных методов является необходимым, относятся, например, производства оптоволоконных кабелей: слишком высокая хрупкость продукции не позволяет использовать электромеханические измерители; производства арматурных изделий, канатов из стали, стального проката: при контроле таких изделий запаса прочности мерных колес недостаточно, в следствие чего они не выдерживают нагрузок и быстро приходят в негодность. Еще одним веским доводом отдать предпочтение бесконтактным измерителям является отсутствие ограничений в скорости движения контролируемого изделия: при скорости движения более 1000 м/мин на результат измерения сильное влияние начинает оказывать инерционность электромеханического измерителя.

Приборам, относящимся к рассматриваемым видам измерения, присущи и некоторые недостатки (по сравнению с электромеханическими методами измерения): высокая дороговизна, относительно высокая сложность, обладают меньшей надежностью.

2.1.3.1 Фотоимпульсный метод измерения

Фотоимпульсные измерительные устройства разделяются на различные категории в зависимости от условий измерений и роду получаемой информации. В основной массе измерители делятся на три группы:

- измерение времени прохождения датчика объектом измерения со средней скоростью движения;
- прямой счет импульсов;
- с использование разворачивающих систем.

Схема измерителя длины от времени прохождения датчика объектом измерения представлена на рисунке 10, а.

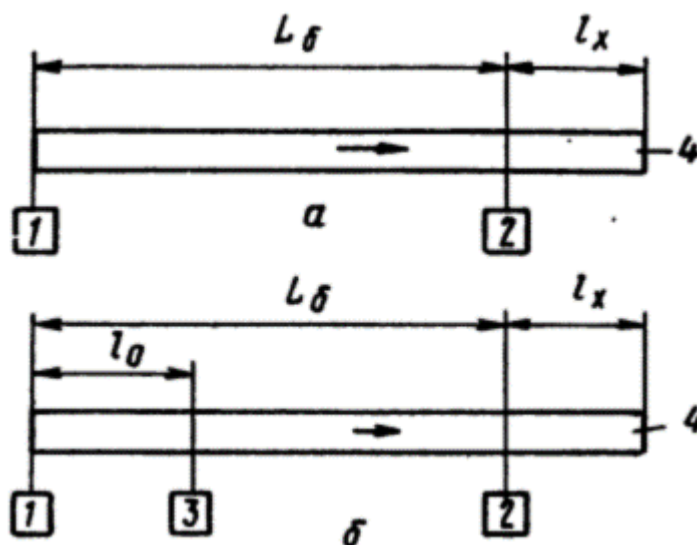


Рисунок 10 – Схема расположения фотодатчиков при измерении длины фотоимпульсным методом: а — без учета скорости; б — с учетом скорости; 1-3 — фотодатчик; 4 — объект

На рисунке 10, а на объекте контроля 4 отмечен участок длины L_δ . Это расстояние выбирается в качестве минимального, которое может быть измерено, и принимается за минимальный размер измеряемого объекта. Измерение происходит при помощи фотодатчиков 1 и 2, расположенных на концах участка длины L_δ . Если помимо минимальной длины имеется еще участок l_x , то за длину всего объекта принимается сумма этих двух длин. При этом возникает дополнительная задача – необходимость измерять длину l_x . Длина l_x прямо пропорциональна скорости движения изделия v и времени t_x , равное времени прохождения контролируемым участком от фотодатчика 2 до фотодатчика 1:

$$l_x = vt_x. \quad (4)$$

Выражение 4 имеет место быть при условии, что скорость движения объекта контроля постоянна. Таким образом, время t_x может служить мерой отрезка объекта l_x [7].

Главным осложняющим фактором при использовании рассмотренной ранней схемы – непостоянство скорости движения. Для решения этой проблемы следует использовать схему, позволяющей дополнительно измерять ско-

рость (Рисунок 10, б). Согласно новой схемы, добавляется дополнительный датчик 3, расположенный на пути движения изделия. При этом новый датчик, как правило, располагается на расстоянии l_0 от фотодатчика 1. Очень важно в таком случае учитывать время преодоления пути l_0 . С учетом вышеизложенных факторов длина изделия может определена следующим образом:

$$l_x = vt_x = \frac{l_0 t_x}{t_y}, \quad (5)$$

где t_y – время преодоления пути l_0 .

Данный метод не пользуется большой популярностью, так как ошибка, вносимая постоянным изменением скорости, особенно длинномерных объектов, слишком значительна.

Другим фотоимпульсным методом является **метод прямого счета импульсов**. Суть метода заключается в регистрации импульсов, соответствующих определенной длине, измерительным устройством при прохождении объекта мимо фотодатчиков. Простейшая схема показана на рисунке 11, а.

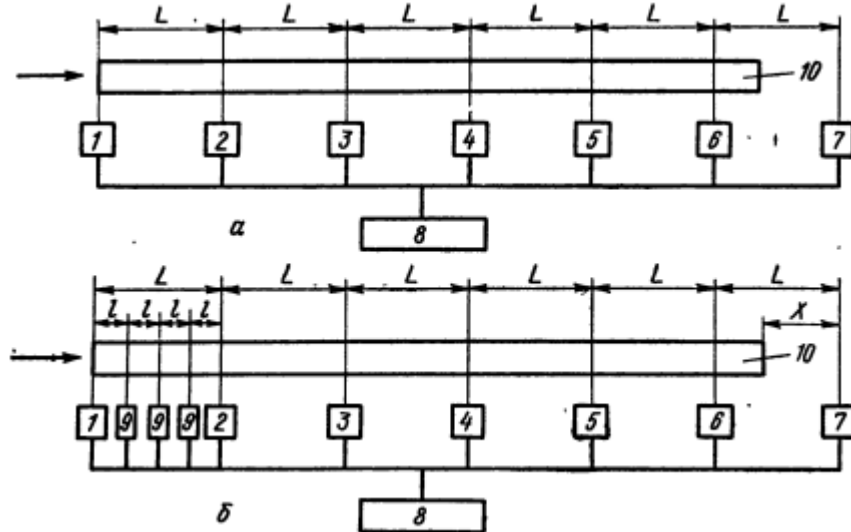


Рисунок 11 – Схема измерения по прямому счету импульсов: а — по принципу грубого отсчета; б — по принципу грубого и точного отсчета; 1-7 — фотодатчики грубого отсчета; 8 — счетчик; 9 — фотодатчики точного отсчета; 10 — объект контроля

Работа схемы устроена следующим образом: каждый фотодатчик последовательно вырабатывает импульсы по мере попадания в зону их действия кон-

тролируемого объекта в процессе своего движения. Каждому импульсу соответствует определенное расстояние L . Все импульсы поступают в счетчик 8, где они суммируются. За счет этого длина объекта определяется следующим образом:

$$l_x = L(n - 1), \quad (6)$$

где n – число засвеченных фотоэлементов.

Выработка импульсов прекращается сразу, как только конец край объекта пересчет фотодатчик 1.

Самым важным параметром, влияющим на точность измерений, является шаг установки датчиков L . Небольшое количество датчиков сильно уменьшает точность контроля, в то время как рост их числа точность увеличивает, но точность растет вместе с стоимостью контроля. Для сохранения баланса стоимости и точности применяют схему смешанного контроля: с использованием грубого и точного отсчетов (Рисунок 11, б). Данная схема предполагает отсчет по обоим концам объекта контроля.

По такой схеме пока задний конец образца находится в зоне действия фотодатчика 1 и используется для точного отсчета, передний конец применяется для проведения грубого отсчета. При этом точный отсчет продолжается до тех пор, пока задний конец не выйдет из зоны фотодатчика 1 и не попадет под действие следующего датчика, производящего грубый отсчет (Рисунок 11, б фотодатчик 2).

Длина будет равна:

$$L_n = L(n - 1) + (L - lm), \quad (7)$$

где l – шаг установки фотодатчиков точного отсчета; m – количество засвеченных датчиков точного отсчета.

Еще одним методом фотоимпульсных измерений является **метод развертывающих систем**. В настоящее время преимущественно применяются измерители с электрическими системами.

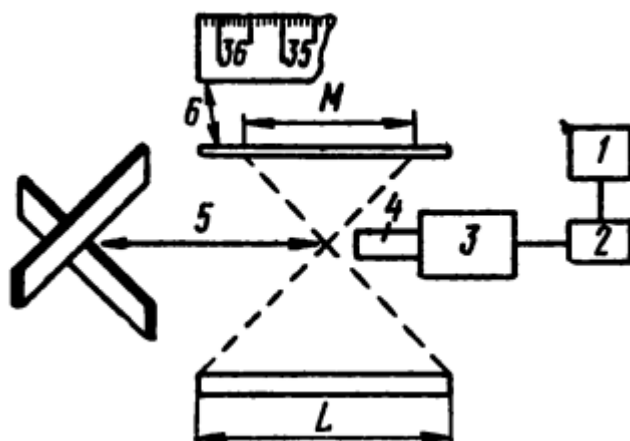


Рисунок 12 – Блок-схема измерителя методом развертывающих систем: 1 – контрольный прибор; 2 — источник питания; 3 — телевизионная камера; 4 — система линз; 5 — скрещивающиеся зеркала; 6 — шкала

Удобство и гибкость измерений по схеме, представленной на рис. 12, обеспечивается, во многом, за счет использования зеркал 5. Конструктивно зеркала в измерителе выполнены так, чтобы они находились перпендикулярно друг к другу. На против зеркал располагается камера 3, в плоскости развертки которой осуществляется совмещение изображения образца и градуированной шкалы 6, располагающейся параллельно оптической оси камеры. Совмещение изображения образца и шкалы производится путем выравнивания положений зеркал и системы линз 4. С помощью такого метода может производиться измерение с другого конца объекта: это достигается путем изменения угла поворота зеркал, что приводит к смещению градуировки шкалы и совмещение ее начала с другим концом.

С помощью развертывающих систем возможно измерение длины объектов в пределах от 3.65 до 11 м/с погрешностью ± 3 мм.

Среди фотоимпульсных измерителей наибольшей популярностью пользуются приборы на основе прямого счета импульсов. Примером такого прибора является измеритель ИДТ-1 (Рисунок 13).



Рисунок 13 – Прибор ИДТ-1

Прибор применяется при высокоточном измерении длины труб круглого сечения, движущихся по рольгану. В плане технической реализации представляет собой основу из оптоэлектронных датчиков и микропроцессорной техники, обеспечивающих высокую точность измерений [8].

Таблица 4 – Технические характеристики измерителя ИДТ-1

Диапазон измерения длины, м	5 – 13
Скорость движения труб, м/с	0,2 – 2
Максимальная основная погрешность измерения длины, %	0,2
Потребляемая мощность, не более, Вт	350
Выход на ПЭВМ и табло	RS485
Время реакции датчика, мкс	100
Число отдельно стоящих датчиков грубого отсчета, шт.	9
Расстояние между осями датчиков грубого отсчета, м	$1 \pm 0,1$
Число датчиков точного отсчета в измерительной линейке, шт.	13
Расстояние между осями датчиков точного отсчета, мм	$100 \pm 0,1$

2.1.3.2 Метод меток

Принцип работы измерителей методом меток мало чем отличается от измерителей с прямым счетом импульсов. Применяют преимущественно тепловые, оптические и магнитные метки. Основа измерения заключается в обла-

дании каждой меткой собственной ценой длины и считывании регистрирующим устройством меток при их прохождении.

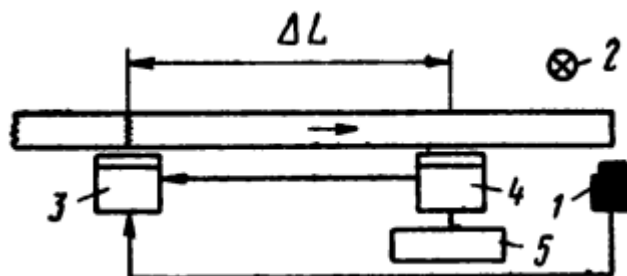


Рисунок 14 – Блок-схема измерителя методом меток: 1 — фотодатчик; 2 — осветитель; 3 — головка записывающего прибора; 4 — приемник; 5 — счетчик импульсов

Принцип работы измерителя согласно схеме (Рисунок 13) заключается в следующем: в процессе прохождения контролируемого объекта через измеритель его передний край попадает сначала в зону действия фотодатчика 1. В этот момент с помощью записывающего прибора подается команда о нанесении метки на изделие. Далее, на приемном устройстве 4 нанесенная метка считывается и принимается решение о нанесении новой метки.

Путь, пройденный объектом, определяется по формуле:

$$L = \Delta L n, \quad (8)$$

где n – число меток; ΔL – расстояние между записывающей головкой и приемником.

Данный метод измерений хорошо зарекомендовал себя при измерениях особо длинных изделий. Дополнительным преимуществом является еще и то, что скорость практически не влияет на точность измерений.

В качестве меточного измерителя применяют датчик ИСПР-1 (Рисунок 15)



Рисунок 15 – Прибор ИСПР-1

Датчик предназначен для точного измерения скорости объектов на мерном участке при проведении краш-тестов, а также для абсолютной калибровки любых других датчиков скорости и стендов – эталонов скорости. Измерение основано на регистрации оптических меток, расположенных на контролируемом объекте [9].

Таблица 5 – Технические характеристики измерителя ИСПР-1

Диапазон измерения скоростей , км/ч	0,1 – 100
Точность измерения скорости, %	0,02 – 0,04
Диапазон расстояний до объекта, м	1 – 25
Масса измерительной системы, кг	1,4

2.2 Косвенные методы измерений

Основным информативным параметром установок, применяющих косвенные измерения, является скорость. Измерив скорость движения изделия, можно получить его длину за счет интегрирования скорости по времени:

$$L = \int_0^t V(t) dt, \quad (9)$$

где L – длина объекта; V – скорость объекта; t – время измерения.

Косвенные методы измерения представлены растровым, корреляционным и доплеровским методами измерения.

2.2.1 Растровый метод

Конструкция большинства растровых измерителей соответствует схеме на Рисунке 16.

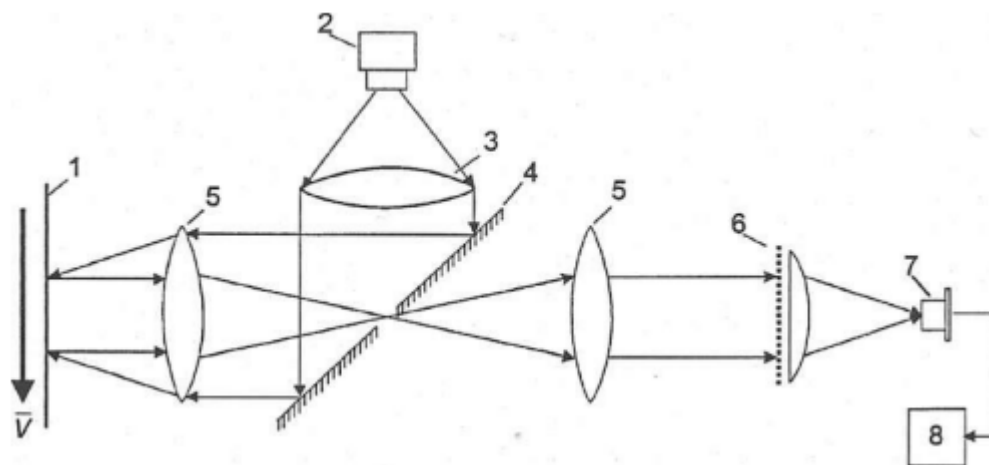


Рисунок 16 – Схема оптического растрового измерителя скорости: 1 — контролируемый объект; 2 — излучатель; 3 — конденсор; 4 — зеркало; 5 — линзы; 6 — растровый анализатор; 7 — фотоприемник; 8 — измеритель частоты

В большинстве своем растровые измерители имеют следующий принцип работы: излучение, генерируемое излучателем 2, проходя через систему линз и зеркал 4 и 5, фокусируется на объекте контроля 1. Далее, рассеянное неровностями контролируемой поверхности излучение фокусируется на растровом ана-

лизаторе 6. Промодулированный на выходе анализатора сигнал поступает на фотоприемник 7, после чего он принимается измерителем частоты. После измерителя частоты происходит вычисление значений длины и скорости на вычислительном устройстве.

Выходная частота оптической системы связана со скоростью движения изделия следующим соотношением:

$$f = \frac{Mv}{d}, \quad (10)$$

где d – шаг растрового анализатора; M – масштаб оптической системы.

Как правило, в растровых измерителях используется афокальная система с телецентрическим ходом лучей. В измерителях, использующих оптику, для сохранения точности измерений необходимо поддерживать размер изображения контролируемого изделия независимым. Но это достаточно трудная задача, так как на это оказывает влияние большое количество факторов, основным из которых является рабочее расстояние от измерителя до объекта. Применение афокальной системы обеспечивает независимость размера изображения измеряемого объекта от изменения рабочего расстояния. Другими факторами, влияющими на качество измерений, являются aberrации и трудности настройки оптической системы. Для минимизации этих трудностей применяется телецентрический ход лучей.

Среди растровых измерителей популярностью пользуются измерителя ИСД-3 (Рисунок 17).



Рисунок 17 – Прибор ИСД-3

Прибор применяется для высокоточного и бесконтактного измерения скорости и пройденного пути транспортным средством, а также для измерения

скорости и длины материалов, движущихся относительно прибора [10].

Таблица 6 – Технические характеристики измерителя ИСД-3

Диапазон измерения скорости, км/ч	0,5 – 250
Максимальная основная погрешность измерения скорости, %	0,2
Точность измерения длины, %	0,5
Частота измерений, Гц	35,5
Напряжения питания, В	12
Потребляемая мощность, Вт	19,5
Масса измерительной системы, г	760

2.2.2 Корреляционный метод

Корреляционный метод измерения скорости основан на регистрации временной задержки между отраженными одними и теми же точками поверхности сигналами.

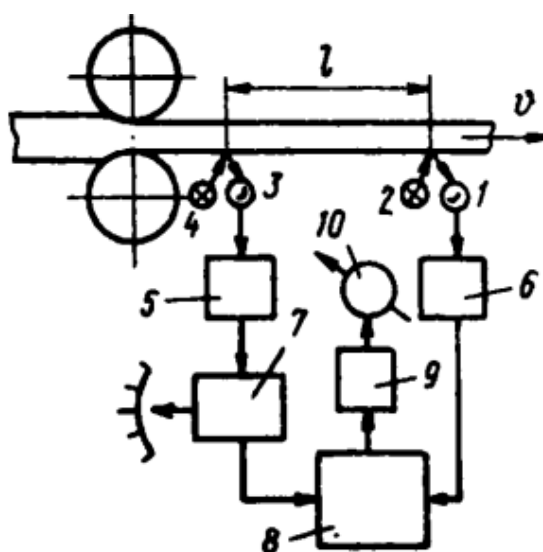


Рисунок 18 – Блок-схема корреляционного измерителя скорости: 1, 3 — фотоэлементы; 2, 4 — осветители; 5, 6 — усилители; 7 — блок регулируемого запаздывания (БРЗ); 8 — множительное устройство; 9 — сглаживающий фильтр; 10 — индикатор

Корреляционные измерители обладают встроенной оптической системой, которая занимается отображением на контролируемой поверхности световые штрихи, причем их оси должны быть перпендикулярны оси движения объекта. Оптическая система должна быть отлажена таким образом, чтобы рассто-

яние между проецируемыми штрихами оставалось постоянно одинаковым. Это расстояние равно l . Каждый штрих имеет определенную яркость (именно яркость регистрируется фотоприемниками), которая меняется из-за наличия неоднородностей на поверхности объекта. После засветки объекта приемная оптическая система передает изображения штрихов на фотоэлементы. Интенсивность сигналов, вырабатываемых фотоэлементами, напрямую зависит от яркости штрихов. За счет того, что каждый последующий штрих смещен по отношению к предыдущему (например, второй относительно первого), сигнал от первого штриха $f_1(t)$, совпадет с сигналом от второго $f_2(t - \tau)$ с некоторой временной задержкой τ . Величина τ связана со скоростью движения следующим образом:

$$\tau = \frac{l}{v}, \quad (11)$$

где τ – время запаздывания; l – расстояние между штрихами; v – скорость движения объекта.

Если расстояние между штрихами удастся поддерживать постоянным, то, зная время запаздывания, можно определить скорость контролируемого изделия. Из-за поперечных смещений полосы движения объекта, различиях в характеристиках элементов каналов измерения сигналы не идентичны, хотя и близки по форме [11].

Измерение величины времени запаздывания τ происходит с помощью блока регулируемого запаздывания (БРЗ). Этот блок включается в состав измерительного канала первого сигнала. В большинстве случаев БРЗ может быть выполнен в виде магнитной ленты или магнитного барабана с подвижной считывающей головкой, устанавливаемой с помощью ходового винта. Считывающая головка предназначена для случаев, когда необходимо отрегулировать время регулируемого запаздывания $\tau_{pз}$. Изменение $\tau_{pз}$ оказывает влияние на выходной сигнал, поэтому, с учетом перемножения сигналов с фотоэлементов в множителе, выходной сигнал, представляемый в виде произведения двух сигналов, примет следующий вид: $f_1(t) - f_1(t - \tau_{pз})$ и $f_2(t) - f_1(t - \tau)$. Из

предыдущих двух выражений следует, что выходной сигнал будет наибольшим в случае, когда $\tau_{p3} = \tau$. Для получения такого условия достаточно изменять величину запаздывания, после чего производится определение скорости движения контролируемого объекта.

Примером корреляционных измерителей скорости выступает измеритель «Инкомет» (Рисунок 19)

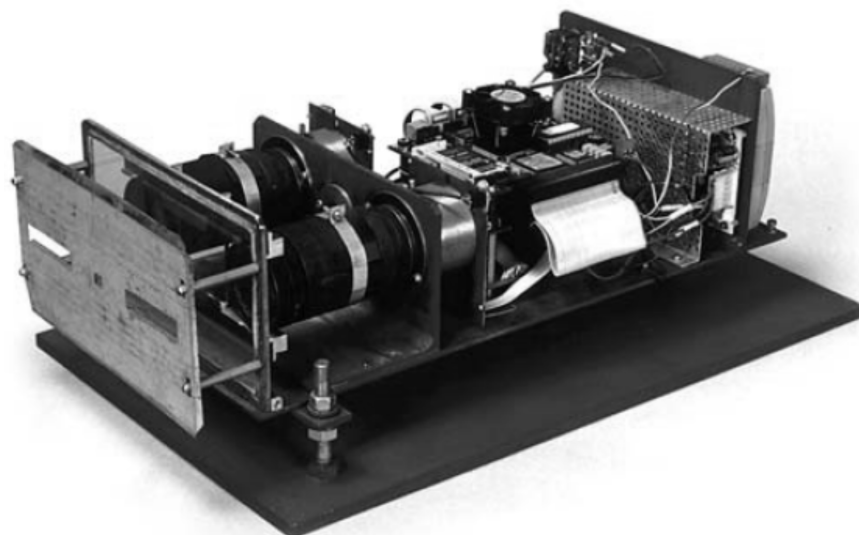


Рисунок 19 – Прибор «Инкомет»

«Инокмет» позволяет с достаточно высокой точностью определять величину скорости подвижных контролируемых поверхностей. Принцип работы заключается в следующем: объектив фокусирует изображение на поверхности, которое фиксируется оптическим датчиком с определенной частотой, затем набор последовательно полученных кадров обрабатывается процессором, определяющим величину перемещения [12].

Таблица 7 – Технические характеристики измерителя «Инкомет»

Максимальная основная погрешность измерения скорости, %	0,5
Частота смены кадров, кадры/с	2000 – 6469

Дополнительными преимуществами являются относительная простота конструкции для такого типа измерителей; невысокая зависимость точности измерения от расстояния между измерителем и контролируемой поверхностью.

2.2.3 Метод на основе эффекта Доплера

В основе работы доплеровских измерителей заложен эффект Доплера. Эффект Доплера заключается в регистрации изменения частоты световой волны в процессе движения источника света и приемника. Изменение частоты световой волны, или, можно сказать, лазера происходит в результате его рассеяния оптическими неоднородностями движущегося объекта.

Измерители на основе эффекта Доплера еще называют лазерными доплеровскими измерителями (ЛДИ).

Общая схема ЛДИ (Рисунок 20) включает в себя, как правило, лазер; для передачи и приема светового излучения применяется система из оптических устройств; фотоприемная система; обрабатывающее устройство для выделения и анализа доплеровского сигнала.

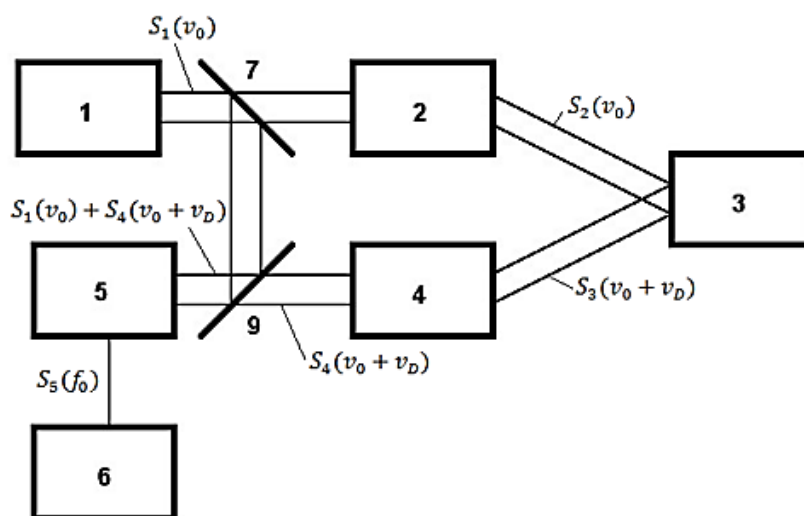


Рисунок 20– Блок-схема ЛДИ: 1 — источник излучения — лазер; 2 — передающий оптический тракт; 3 — исследуемый объект; 4 — приемный оптический тракт; 5 — блок выделения доплеровского сдвига частоты; 6 — блок обработки информации; 7,9 — расщепители пучка.

В источнике излучения 1 формируется излучение со спектром мощности $S_1(v_0)$, после чего происходит его расщепление на расщепителе 7 и поступление части разделенного пучка в передающий оптический тракт 2. Из тракта уже подается излучение со спектром мощности $S_2(v_0)$, поступающее на измеряе-

мый объект 3 и образующее на нем интерференционную картину. На измеряемом объекте происходит рассеяние пучка. Из-за амплитудной, фазовой и частотной модуляции среды рассеянный пучок в общем случае изменит значение своего спектра мощности на $S_3(v_0 + v_D)$. Рассеянный пучок фиксируется приемным оптическим трактом 4, и на его выходе образуется излучение мощностью $S_4(v_0 + v_D)$ (лишь часть рассеянной объектом мощности). Затем пучок снова расщепляется на расщепителе 9 и новый пучок вместе с разделенным в начале поступают на блок выделения доплеровского сигнала 5, в котором формируется излучение со спектром мощности $S_1(v_0) + S_4(v_0 + v_D)$. После блока выделения доплеровского сдвига частот 5 на выходе образуется электрический сигнал определенной частоты $S_5(f_0)$ [13]. Частота образуемого сигнала пропорциональна скорости движения контролируемого объекта и равна:

$$f_0 = \frac{V}{d} = \frac{2V \sin(\frac{Q}{2})}{\lambda}, \quad (12)$$

где f_0 – частота выходного электрического сигнала; V – скорость объекта; Q – угол между лазерными лучами; λ – длина волны лазера; d – период интерференционной картины.

Таким образом, зная выходную частоту, можно найти скорость. Длина изделия определяется путем её интегрирования:

$$L = \int_0^t V(t) \cdot dt, \quad (13)$$

где t – время измерения.

В ЛДИ могут применяться разные лазеры в зависимости особенностей условий работы измерителя, требуемой мощности излучения, диапазона длин волн и разновидности излучения. Особенно важен показатель мощности, так как от него зависит расстояние работы измерительной системы.

Доплеровским измерителем является измеритель ИСД-5 (Рисунок 21)



Рисунок 21 – Датчик ИСД-5

Датчик длины и пройденного пути ИСД-5 предназначен для бесконтактного измерения в металлургической, кабельной, химической, целлюлозно-бумажной, текстильной и деревообрабатывающей промышленности в автоматизированных системах управления, раскроя и учета.

При установке сенсора на подвижном объекте, он способен измерять скорость и пройденный путь. Так же он способен измерять скорости и линейные размеры проходящих мимо транспортных средств, подвижных устройств, конструкций [14].

Таблица 8 – Технические характеристики измерителя ИСД-5

Диапазон измеряемых скоростей, м/с	0,01
Точность измеряемой скорости, %	0,15
Абсолютная точность измерения длины, %	0,4
Частота измерений, Гц	27 – 70
Номинальные расстояния от оптики сенсора до поверхности, м	0,18; 0,3; 0,5; 0,75; 1,3
Потребляемая мощность, Вт	5
Масса, г	320

2.3 Исследование метода

Для измерения длины и скорости могут применяться приборы на разных принципах работы. Сравнить все образцы между собой наиболее удобно в виде таблицы (Таблица 9).

Таблица 9 – Сравнительная характеристика параметров различных методов измерения

Критерий оценки	Методы измерения					
	М _{ЭР}	М _Ф	М _М	М _Р	М _К	М _Д
Универсальность измерений	γ	γ	х	γ	γ	γ
Простота устройства	γ	х	х	х	х	х
Удобство эксплуатации	γ	γ	х	х	х	х
Энергоэкономичность	γ	+	-	γ	-	γ
Надежность	γ	х	х	х	х	х
Невысокая стоимость	γ	х	х	х	х	х
Относительно высокая точность измерения длины	γ	γ	-	х	-	х
Возможность бесконтактного измерения	х	γ	γ	γ	γ	γ
Независимость от диаметра изделия	х	γ	γ	γ	γ	γ

В таблице введены следующие обозначения: М_{ЭР} – метод электромеханический ременной; М_Ф – метод фотоимпульсный; М_М – метод меток; М_Р – растровый метод; М_К – корреляционный метод; М_Д – доплеровский метод; γ – знак, обозначающий соответствие критерия методу измерений; х – знак, обозначающий несоответствие критерия методу измерений; - - отсутствие данных.

Каждому методу свойственна универсальность измерений – каждый из них позволяет измерять длину и скорость движения. С точки зрения простоты устройства более всего выделяется ременной измеритель; в отличие от него, все остальные обладают высокоточной и хрупкой оптикой, а также высокоточными системами расчета (особенно выделяется корреляционный измеритель, где требуется определять соответствие изображений одного и того же участка контро-

лируемой поверхности). С точки зрения удобства эксплуатации для ременного и фотоимпульсного измерителей, то они достаточно просты в работе и не требуют высокого профессионализма рабочего; также они просты в плане процесса проведения измерений. С точки зрения энергоэкономичности ременной электрофизический прибор требует одно из наименьших значений мощности питания. Критерий надежности наиболее соответствует ременному методу измерений за счет простоты его устройства, чего не скажешь об остальных методах. Также ременной измеритель, как и большинство электромеханических, отличается дешевизной за счет простоты конструкции и эксплуатации. Ременной измеритель может быть вполне конкурентоспособен с точки зрения точности измерения длины (превосходит многие методы). С другой стороны, ременной измеритель имеет некоторые недостатки: отсутствие возможности бесконтактного измерения и зависимость от диаметра измеряемого объекта: при слишком значении диаметра для измерения необходимо использовать более крупный ременной измеритель.

С учетом рассмотренных достоинств и недостатков различных методов измерения, а также поставленной научным руководителем задачи наиболее оптимально будет использовать электромеханический ременной измеритель (ИД-50). Прост в эксплуатации, достаточно высокая точность измерений, удобные для измерений образцы делают использование такого измерителя целесообразным в данной работе.

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Разработка НИ производится группой работников, состоящей из двух человек – руководителя и студента.

Данная выпускная квалификационная работа заключается в исследовании измерения длины и скорости перемещения протяженных изделий на примере кабелей.

Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности НИ, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Достижение цели происходит в результате выполнения следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Результаты работы будут особенно полезны для кабельной промышленности, где контроль длины и скорости являются основополагающими для налаживания экономичного и высокоэффективного поточного производства.

4.1 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений различных конкурентных средств измерения длины и скорости, представленных на рынке, позволяет своевременно вносить технические изменения в рассматриваемый прибор, чтобы противостоять конкурентам. Также анализ дает возможность провести оценку сравнительной эффективности научного исследования и определить направления для его будущего развития.

Исследования измерения длины и скорости в данной ВКР производится с помощью измерителя ИД-50. ИД-50 – это ременной электромеханический измеритель. Но для определения значений рассматриваемых параметров применяются и другие конструкции измерителей. Для сравнения рассмотрим следующие виды: доплеровские измерители и измерители на базе мерного колеса. Для сравнения удобно использовать оценочную карту (Таблица 11).

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бр	Бм	Бд	Кр	Км	Кд
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Точность измерений	0,2	4	4	5	0,8	0,8	1
2. Универсальность измерений	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
3. Простота устройства	0,2	5	5	2	1	1	0,4
4. Удобство эксплуатации	0,15	5	4	3	0,75	0,6	0,45
5. Энергоэкономичность	0,05	5	5	3	0,25	0,25	0,15
6. Надежность	0,1	5	4	2	0,5	0,4	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
6. Цена	0,1	5	4	2	0,5	0,4	0,2
7. Конкурентоспособность	0,1	5	4	3	0,5	0,4	0,3
Итого	1	38	34	25	4,7	4,25	3,2

В таблице 11 Бр – ременной измеритель; Бм – измеритель на основе мерного колеса; Бд – измеритель на основе эффекта Доплера.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i, \quad (14)$$

где K – конкурентоспособность вида;

V_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Из всех видов измерителей доплеровский обладает наибольшей точностью и возможностью осуществлять все необходимые измерения (длина и скорость), но сильно уступает в простоте, надежности и обладает слишком высокой стоимостью. Измеритель на основе мерного колеса в сравнении с ременным менее удобен и надежен в процессе эксплуатации и при этом обладает более высокой стоимостью. На основе всех вышеперечисленных недостатков конкурентов и на основе оценочной карты ременные измерители являются наиболее ресурсоэффективными и конкурентоспособными.

4.2 SWOT-анализ

SWOT анализ — один из самых эффективных инструментов в стратегическом менеджменте. Сущность SWOT анализа заключается в анализе внутренних и внешних факторов компании, оценке рисков и конкурентоспособности товара в отрасли.

В данном разделе необходимо рассмотреть SWOT-анализ НТИ, который позволяет оценить факторы влияния, способствующие или препятствующие продвижению проекта на рынок.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. В таблице 12 описаны сильные и слабые стороны проекта, выявлены возможности и угрозы реализации НТИ, которые могут появиться в его внешней среде.

Таблица 12 – Матрица SWOT-анализа

<p>Сильные стороны: С1. Экономичность и функциональность технологии С2. Стоимость системы ниже аналогичных технологий С3. Простота измерения длины и скорости С4. Высокая надежность С5. Подготовка всех требуемых заказчику оборудования и технологии</p>	<p>Возможности: В1. Увеличение спроса на продукцию на рынке; В2. Имеем оборудование для выполнения комплексного исследования; В3. Замещение импортной продукции отечественной; В4. Повышение стоимости конкурентных разработок; В5. Имеет спрос в кабельной промышленности.</p>
<p>Слабые стороны: Сл1. Стоимость системы сильно зависит от стоимости комплектующих материалов Сл2. Сложность обслуживания системы Сл3. Погрешности измерения из-за износа ремня Сл4. Внезапные разрывы ремня при сильном износе Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих</p>	<p>Угрозы: У1. Высокая конкуренция; У2. Узконаправленность продукции; У3. Возможность предпочтения аналогов; У4. Небольшой спрос на товар; У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Эти соответствия или несоответствия должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. В рамках этапа была построена интерактивная матрица (Таблица 13).

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта

	Сильные стороны					Слабые стороны					
	<i>C1</i>	<i>C2</i>	<i>C3</i>	<i>C4</i>	<i>C5</i>	<i>Сл1</i>	<i>Сл2</i>	<i>Сл3</i>	<i>Сл4</i>	<i>Сл5</i>	
Возможности проекта	<i>B1</i>	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-
	<i>B2</i>	0	0	+	0	+	-	+	0	-	+
	<i>B3</i>	+	+	-	+	0	+	+	-	-	0
	<i>B4</i>	+	+	0	+	0	+	-	0	+	-
	<i>B5</i>	+	+	+	+	-	-	-	-	-	0
Угрозы проекта	<i>У1</i>	-	-	-	-	0	+	+	0	0	+
	<i>У2</i>	0	0	+	0	0	-	+	0	-	+
	<i>У3</i>	+	+	+	+	0	+	+	-	-	0
	<i>У4</i>	-	0	0	+	0	+	-	0	+	-
	<i>У5</i>	+	-	-	-	-	+	-	-	-	-

Представим анализ таблицы 13 в форме сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей и слабых сторон и возможностей:

Сильно коррелирующие сильные стороны и возможности:

- В1С1С2С3С4С5;
- С3 В1В2С4 В3 В4 В5;
- В5 С1С2С3С4.

Сильно коррелирующие слабые стороны и возможности:

- У1Сл1 Сл2 Сл3 Сл4 Сл5;
- В5 Сл1Сл2 Сл3Сл4.

Каждая из записей представляет собой направление реализации проекта.

Вывод: проект имеет свои недостатки и слабые стороны, но с помощью возможностей и сильных сторон можно продвинуть проект на рынок, а также есть возможность снизить угрозы и риски, и поэтому есть хорошая вероятность его реализации.

В рамках **третьего этапа** должна быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приводится в работе (Таблица 14).

Таблица 14 – SWOT-анализ

	<p>Возможности: В1. Увеличение спроса на продукцию на рынке; В2. Имеем оборудование для выполнения комплексного исследования; В3. Замещение импортной продукции отечественной; В4. Повышение стоимости конкурентных разработок; В5. Имеет спрос в кабельной промышленности.</p>	<p>Угрозы: У1. Высокая конкуренция; У2. Узконаправленность продукции; У3. Возможность предпочтения аналогов; У4. Небольшой спрос на товар; У5. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства.</p>
<p>Сильные стороны: С1. Экономичность и функциональность технологии С2. Стоимость системы ниже аналогичных технологий С3. Простота измерения длины и скорости С4. Высокая надежность С5. Подготовка всех требуемых заказчику оборудования и технологии</p>	<p>1. Провести исследования проекта 2. Разработать измерительную систему 3. Корректировать ошибки 4. Продвинуть проект на рынок 5. Заключить договора с предприятиями</p>	<p>1. Снизить конкуренцию за счет простоты и удобства использования продукции 2. Более низкая стоимость производства и экономичность технологии позволят увеличить спрос, а также минимизировать потери при несвоевременном финансовом обеспечении. 3. Увеличить спрос за счет низкой стоимости продукции 4. Снизить конкуренцию за счет простоты и удобства использования продукции 5. Установить защиту от поражения электричеством</p>
<p>Слабые стороны: Сл1. Стоимость системы сильно зависит от стоимости комплектующих материалов Сл2. Сложность обслуживания системы Сл3. Погрешности измерения из-за износа ремня Сл4. Внезапные разрывы ремня при сильном износе Сл5. Большой срок поставок материалов и комплектующих</p>	<p>1. Улучшить систему, сделать ее малогабаритной 2. Уменьшить погрешности измерения путем аппаратных и программных методов корректировки ошибок 3. Сделать более эффективную в применении измерительную установку 4. Использование более прочных ремней</p>	<p>Неудобство работы при контроле хрупких протяженных изделий; большие погрешности измерения приводит к отсутствию спроса на рынке</p>

Вывод: в ходе анализа были рассмотрены все сильные и слабые стороны научного проекта, а также разъяснены все его последствия. Как позитивные,

так и негативные – возможности и угрозы. Согласно анализу, главное преимущество – простота конструкции вкупе с приемлемой точностью измерений, обусловленной применением ремней и точной электроники. Основная возможность – актуальность и высокий спрос в условиях импортозамещения. Главная угроза – высокая конкуренция.

Основными рекомендациями по направлению развития исследования являются:

стимулирование развития работ по улучшению качества, систематическое совершенствование методов и средств измерения длины и скорости, стимулирование научно-практической деятельности;

усовершенствование взаимодействия между различными подразделениями предприятия, четкое распределение ответственности и полномочий на каждый вид деятельности, оценивание понимания сотрудниками своих задач и заинтересованности в общем результате работы.

4.3 Планирование научно-исследовательских работ

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 15.

Таблица 15 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр
	3	Проведение патентных исследований	Бакалавр

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
	4	Выбор направления исследований	Руководитель Бакалавр
	5	Календарное планирование работ	Руководитель Бакалавр
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Выбор метода, проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр
	7	Проведение экспериментов	Руководитель Бакалавр
	8	Измерение длины	Бакалавр
	9	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр
	10	Устранение погрешности измерения путем аппаратных и программных методов корректировки ошибок	Руководитель Бакалавр
Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	12	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель Бакалавр
Оформление отчета по НИР	13	Составление пояснительной записки	Бакалавр

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (15)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.; t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-

дн.; $t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i}, \quad (16)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.; $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (17)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (18)$$

где $T_{\text{кал}} = 365$ – количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}} = 52$ – количество воскресений; $T_{\text{пр}} = 14$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - (52 + 14)} = 1,22$$

Все рассчитанные значения сводятся в таблицу 16 (Исп.1 – руководитель; Исп.2 – бакалавр).

Таблица 16 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ, чел-дни						Исполнитель		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min}		t_{max}		$t_{ож}$							
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Составление и утверждение ТЗ	2	-	5	-	1	-	+	-	3,2	-	4	-
Подбор и изучение материалов по теме	-	10	-	20	-	14	-	+	-	14	-	17
Проведение патентных исследований	-	1	-	3	-	1,8	-	+	-	1,8	-	2
Выбор направления исследований	3	3	5	5	3,8	3,8	+	+	1,9	1,9	2	2
Календарное планирование работ по теме	1	1	2	2	1,4	1,4	+	+	0,7	0,7	1	1
Выбор метода, проведение теоретических расчетов и обоснований	-	10	-	20	-	14	-	+	-	14	-	17
Проведение экспериментов	20	20	30	30	24	24	+	+	12	12	15	15
Измерение длины протяженных изделий	10	10	20	20	14	14	+	+	7	7	9	9
Сопоставление результатов экспериментов с эталонными значениями	-	1	-	3	-	1,8	-	+	-	1,8	-	2
Устранение погрешности измерения	4	4	8	8	5,6	5,6	+	+	2,8	2,8	4	4
Оценка эффективности полученных результатов	2	-	3	-	2,4	-	+	-	2,4	-	3	-
Определение целесообразности проведения ОКР	4	4	6	6	4,8	4,8	+	+	2,4	2,4	3	3
Составление пояснительной записки	-	25	-	30	-	27	-	+	-	27	-	33
Итого									31	75	39	103

График проведения исследования наиболее удобно представить в виде диаграммы Ганта (Таблица 17). Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени

отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 17 – Календарный план-график проведения научного исследования

№ работ	Вид работы	Исполнители	T_{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
				февраль			март			апрель			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Составление и утверждение ТЗ	Рук.	4	■											
2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр	17	■	■										
3	Проведение патентных исследований	Бакалавр	2			■									
4	Выбор направления исследований	Рук., Бак.	2			■									
5	Календарное планирование работ по теме	Рук., Бак.	1			■									
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр	17			■	■	■	■						
7	Выбор метода, проведение теоретических расчетов и обоснований	Рук., Бакалавр	15						■	■					
8	Измерение длины протяженных изделий	Бакалавр	9							■	■				
9	Сопоставление результатов экспериментов с эталонными значениями	Бакалавр	2									■			
10	Устранение погрешности измерения	Рук., Бак.	4									■	■		
11	Оценка эффективности полученных результатов	Рук.	3										■		
12	Определение целесообразности проведения ОКР	Рук., Бак.	3										■	■	
13	Составление пояснительной записки	Бакалавр	33												■

■ – руководитель

■ – бакалавр

4.4 Бюджет научно-технического исследования

Бюджет исследования включает в себя следующие группы экономических затрат:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
 - затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
 - основная заработная плата исполнителей темы;
 - дополнительная заработная плата исполнителей темы;
 - отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

4.4.1 Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} , \quad (19)$$

где k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы (15 – 25 %); m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); $N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.).

Таблица 18 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З _м), руб.
Силовой кабель в резиновой оболочке	руб./м	6	90	1944
Силовой кабель в ПВХ изоляции	руб./м	6	210	4536
Металлический трос в ПВХ изоляции	руб./м	1	15	180

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Труба полипропиленовая	шт.	3	750	2700
Труба стальная	шт.	2	952	2285
Итого				11645

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

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены.

Необходимо также учитывать амортизацию оборудования $I_{ам}$:

$$I_{ам} = \left(\frac{T_{исп}}{365} \right) K_{обр} \cdot N_a, \quad (20)$$

где $T_{исп}$ – время использования оборудования (дн); 365 дней – количество дней в году; $K_{обр}$ – стоимость оборудования (руб); N_a – норма амортизации.

Норма амортизации:

$$N_a = \frac{1}{T_{сс}}, \quad (21)$$

где $T_{сс}$ – срок службы оборудования (год).

Амортизация персонального компьютера:

$$I_{ам} = \left(\frac{90}{365} \right) \cdot 25000 \cdot \frac{1}{15} = 411 \text{ руб.}$$

Амортизация измерителя ИД-50:

$$I_{ам} = \left(\frac{90}{365} \right) \cdot 100000 \cdot \frac{1}{10} = 2466 \text{ руб.}$$

Амортизация счетчика СДУ-1:

$$I_{\text{ам}} = \left(\frac{90}{365} \right) \cdot 50000 \cdot \frac{1}{10} = 1233 \text{ руб.}$$

Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 19

Таблица 19 – Затраты на специальное оборудование

Наименование оборудования	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на оборудование, (ЗМ), руб.
Персональный компьютер	1	25000	28750
Измеритель ИД-50	1	100000	115000
Счетчик СДУ-1	1	50000	57500
Итого			201250
Амортизационные отчисления			4110

4.4.3 Основная заработная плата исполнителя темы

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

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

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (22)$$

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{р}}, \quad (23)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника; $T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{\text{дн}}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (24)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6–дневная неделя.

Таблица 20 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	44	48
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	2	2
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	273

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (25)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30 процентов от $Z_{тс}$); k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5; k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифный коэффициент для научного руководителя равен 1,866; для студента – 1,407. Месячный должностной оклад работника взят согласно приказа ТПУ. Расчет основной заработной платы приведён в таблице 21. Научный руководитель – Федоров Е. М. (доцент ОКД, к.т.н.).

Таблица 21 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	Z_m без учета РК, руб.	Z_m с учетом РК, руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	Доцент	33664	43763,2	1827,86	44	80425,86
Бакалавр	Инженер	26300	34190	1402,67	101	141669,33
Итого						222095,20

4.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (26)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,15.

Таблица 22 – Расчет основной заработной платы

	Руководитель	Бакалавр
Основная заработная плата, руб.	80425,86	141669,33
Дополнительная заработная плата, руб.	12063,88	21250,4
Итого дополнительная заработная плата, руб.	33314,28	

4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (27)$$

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

Таблица 23 – Расчет отчислений во внебюджетные фонды

	Руководитель	Бакалавр
Основная заработная плата, руб.	80425,86	141669,33
Дополнительная заработная плата, руб.	12063,88	21250,4
Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды, $k_{\text{внеб}}$	0,271	
Итого величина отчислений во внебюджетные фонды, руб.	25064,72	44151,25
Суммарная величина отчислений во внебюджетные фонды, руб.	69215,97	

4.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в другие статьи расходов. Их величина определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = \left(\sum \text{статьи} \right) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (28)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Таким образом размер накладных расходов составит:

$$Z_{\text{накл}} = 0.16 \cdot (11645 + 205360 + 222095,20 + 33314,28 + 69215,97 = 86661)$$

4.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 24.

Таблица 24 – Расчет затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	11645	Пункт 1.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	205360	Пункт 1.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	222095,20	Пункт 1.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	33314,28	Пункт 1.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	69215,97	Пункт 1.4.5
6. Накладные расходы	86661	Пункт 1.4.6
7. Бюджет затрат НТИ	628291,45	Сумма ст. 1-6

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связа-

но с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (29)$$

где $I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.1}} = \frac{628291,45}{722306,5} = 0,87;$$

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.2}} = \frac{722306,5}{722306,5} = 1.$$

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i, \quad (30)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки; a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания; n – число параметров сравнения.

Таблица 25 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2
1. Точность измерения	0,2	5	4
2. Себестоимость	0,1	4	2
3. Простота эксплуатации	0,15	4	2
4. Энергосбережение	0,15	5	4
5. Надежность	0,2	4	3
6. Простота конструкции	0,2	5	5
Итого	1	4,55	3,5

$$I_{p-исп1} = 0,2 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 4,55;$$

$$I_{p-исп2} = 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 2 + 0,15 \cdot 2 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 5 = 3,5;$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}^{исп1}} = \frac{4,55}{0,87} = 5,42$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}^{исп2}} = \frac{3,5}{1} = 3,5.$$

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

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}}. \quad (31)$$

Таблица 26 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	5,42	3,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,55	1

Сравнив значения интегральных показателей эффективности можно сделать вывод, что реализация технологии в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

4.6 Заключение по разделу финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были решены следующие задачи:

1. Проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования на примере SWOT-анализа, результат которого показал большой потенциал применения методики, а также возможность быстрого выхода на внутренний рынок. Такие возможности обеспечены актуальностью данного исследования и высокой востребованностью в виду простоты и дешевизны.

2. Определена структура работ и количество исполнителей работы. Разработан календарный план-график для проведения НИР. Общее число работ составило 13. Определена трудоемкость проведения работ. Общая максимальная длительность выполнения работы составила 103 календарных дня.

Определен бюджет НИР, который составил 628291,45 рублей.