

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

Институт Неразрушающего Контроля
Направление подготовки Приборостроение
Кафедра Точного приборостроения

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Контроль состояния деревянных опор линий электропередач

УДК 620.179.17

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Н	Луговцова Евгения Дмитриевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Солдатов Алексей Иванович	Доктор технических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Панин Владимир Филиппович	Доктор технических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Точного приборостроения	Бориков Валерий Николаевич	Доктор технических наук, доцент		

Томск – 2016 г.

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Способность совершенствовать и повышать свой интеллектуальный и общекультурный уровень и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире;
P2	Способность адаптироваться к новым ситуациям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности в понимании сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий <i>в профессиональной области.</i>
P3	Способность использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских и проектных работ, в управлении коллективом; эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей; в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P4	Способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности; разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности <i>в областях контроля качества продукции предприятий измерительной техники и точного приборостроения;</i> приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности умения непосредственно не связанных со сферой деятельности.
P5	Умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности при разработке средств измерения и контроля, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования в приборостроении.
P6	Умение профессионально эксплуатировать современное оборудование и приборы в соответствии с целями магистерской программы, организовывать технологическую подготовку производства приборных систем различного назначения и принципа действия, разрабатывать и внедрять новые технологические процессы с

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
	использованием гибких САПР и оценивать их экономическую эффективность и инновационные риски при их внедрении.
P7	Способность проектировать приборные системы и технологические процессы с использованием средств САПР и опыта разработки конкурентоспособных изделий; осуществлять проектную деятельность в профессиональной сфере на основе системного подхода.
P8	Умение разрабатывать методики проведения теоретических и экспериментальных исследований по анализу, синтезу и оптимизации методов измерения контроля и диагностики, используемых в приборостроении; способность разработать и проводить оптимизацию натуральных экспериментальных исследований приборных систем с учётом критериев надёжности; использовать результаты научно-исследовательской деятельности и пользоваться правами на объекты интеллектуальной собственности.
P9	Умение организовывать современное метрологическое обеспечение технологических процессов производства приборных систем и разрабатывать новые методы контроля качества выпускаемой продукции и технологических процессов; решать экономические и организационные задачи технологической подготовки приборных систем и выбирать системы обеспечения экологической безопасности в производстве и при технологическом контроле.
P10	Способность проектировать математические модели анализа и оптимизации объектов исследования, выбирать численные методы их моделирования или разработать новый алгоритм решения задачи; выбирать оптимальные методы и программы экспериментальных исследований и испытаний, проводить измерения с выбором современных технических средств и обработкой результатов измерений.
P11	Способность формулировать цели, определять задачи, выбирать методы исследования в области приборостроения на основе подбора и изучения литературных и патентных и других источников; разрабатывать методические и нормативные документы, техническую документацию на объекты приборостроения, а также осуществлять системные мероприятия по реализации разработанных проектов и программ; составлять научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам исследовательской деятельности

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

Институт Неразрушающего Контроля
 Направление подготовки Приборостроение
 Кафедра Точного приборостроения

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой
 _____ Бориков В.Н

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4Н	Луговцовой Евгении Дмитриевне

Тема работы:

Контроль состояния деревянных опор линий электропередач

Утверждена приказом директора

Срок сдачи студентом выполненной работы:

06.06.2016 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<p><i>Объектом исследования является определение длины и целостности деревянных опор линий электропередач, предмет исследования – применение метода оценки длины и целостности свай с использованием вибраторов.</i></p> <p><i>Цель исследования – продемонстрировать работоспособность метода оценки длины и целостности свай с использованием вибраторов для определения длины деревянной опоры и обнаружения позиции дефекта.</i></p> <p><i>Ожидаемые результаты: экспериментальная проверка работоспособности системы вибраторов, определение оптимальных параметров системы, таких как линейно-частотномодулированный сигнал, положение вибраторов относительно продольной оси опоры (параллельно, под 45°), положение акселерометров на опоре, значение параметра регуляризации (0, 1; 1; 7).</i></p>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<p><i>Анализ существующих методов оценки состояния деревянных опор линий электропередач</i></p> <p><i>Виброакустический контроль как метод контроля состояния деревянных опор линий электропередач</i></p> <p><i>Оценка метода на примере цилиндрических опор небольшого диаметра и длины, изготовленных из однородного изотропного материала</i></p> <p><i>Исследование поведения анизотропного материала на примере цилиндрических опор небольшого диаметра и длины изготовленных из древесины</i></p> <p><i>Сравнение результатов полученных с использованием изотропного и анизотропного материалов</i></p> <p><i>Оценка и анализ полученных результатов для определения состояния деревянных опор</i></p> <p><i>SWOT-анализ</i></p> <p><i>План проекта</i></p>

	<i>Бюджет научного исследования</i> <i>Реестр рисков проекта</i> <i>Анализ выявленных вредных проявлений факторов производственной среды</i> <i>Анализ выявленных опасных проявлений факторов производственной среды</i> <i>Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</i>
Перечень графического материала	Презентация Power Point
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Спицын Владислав Владимирович, к.э.н., доцент
Социальная ответственность	Панин Владимир Филиппович, д.т.н., профессор
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
1. Аналитический обзор литературы	
2. Экспериментальная часть	

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Солдатов Алексей Иванович	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Н	Луговцова Евгения Дмитриевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4Н	Луговцовой Евгении Дмитриевне

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Точного приборостроения
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Приборостроение

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>1. Зарплата научного сотрудника ВАМ по TVöD E14</i>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Потенциальные потребители результатов исследования
2. SWOT-анализ
3. Цели и результат проекта
4. Организационная структура проекта
5. План проекта
6. Бюджет НИИ
7. Реестр рисков НИИ

Перечень графического материала:

1. «Портрет» потребителя результатов НИИ
2. Матрица SWOT
3. Календарный план проведения НИИ
4. Диаграмма Ганта
5. Бюджет НИИ
6. Реестр рисков НИИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицын Владислав Владимирович	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Н	Луговцова Евгения Дмитриевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1БМ4Н	Луговцовой Евгении Дмитриевне

Институт	Неразрушающего контроля	Кафедра	Точного приборостроения
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Приборостроение

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения:</p> <p>1.1. вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения)</p> <p>1.2. опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы)</p> <p>1.3. негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)</p> <p>1.4. чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)</p>	<p>Рабочее место находится в корпусе №60 Федерального института исследования и тестирования материалов (Берлин, Германия). Необходимо поддержание: 1.1. Нормативных метеоусловий, качества воздушной среды, освещения, шума и ЭМП; 1.2. Нормативных мер обеспечения электро- и пожаробезопасности. 1.3. Использование ПЭВМ.. 1.4. Наиболее вероятные ЧС: загорания (пожары).</p>
<p>2. Ознакомление с законодательными и нормативными документами по теме и отбор их.</p>	<p>ГОСТ 12.0.003-74 «ОиВПФ»; ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности»; ГОСТ 12.1.01290 «Вибрационная безопасность»; ГОСТ 12.1.005-88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»; ПУЭ, утвержденный министерством энергетики России от 08.07.2002, №204, Глава 1.7.; №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»; Постановление Правительства РФ от 03.09.2010 №681; Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12. 2014).</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <p>1.1. физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</p> <p>1.2. действие фактора на организм человека;</p> <p>1.3. приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</p> <p>1.4. предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</p>	<p>Обоснование выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ненормативные метеоусловия - Ненормативное освещение - Шум - приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); - предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</p> <p>2.1.механические опасности (источники, средства защиты);</p> <p>2.2.термические опасности (источники, средства защиты);</p> <p>2.3.электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</p> <p>2.4.пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</p>	<p>Обоснование выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> - электрический ток - возможность возникновения пожара - Определение степени опасности (обоснование) <p>СКЗ, СИЗ</p>
<p>3. Охрана окружающей среды:</p> <p>3.1.защита селитебной зоны</p> <p>3.2.анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</p> <p>3.3.анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</p> <p>3.4.анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</p> <p>3.5.разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</p>	<p>По п.п.3.1.,3.2.,3.4: Люминесцентные лампы утилизируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 03.09.2010 №681. По п.п.3.1.,3.2.:оценить масштабы уменьшения выбросов ЗВ от возможной экономии электроэнергии на рабочем месте. По п.3.3.: описать схему обращения твердых отходов от рабочего места.. По п.3.5.: обобщить меры по защите окружающей среды.</p>
<p>4. Защита в чрезвычайных ситуациях:</p> <p>4.1.перечень возможных ЧС на объекте;</p> <p>4.2.выбор наиболее типичной ЧС;</p> <p>4.3.разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</p> <p>4.4.разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС.</p>	<p>Разработать мероприятия по предупреждению загораний, ожогов и электропоражений и мер по ликвидации их последствий.</p>
<p>5. Правовые и орг. вопросы обеспечения безопасности:</p> <p>5.1.орг. мероприятия при компоновке рабочей зоны</p>	<p>Привести перечень ГОСТ СНиПов использованных в работе</p>
<p>Перечень графического и инструктивного материалов:</p>	
<p>Обязательные графические материалы к расчётам по заданию (обязательно для специалистов и магистров).</p>	<p>План эвакуации</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Панин Владимир Филиппович	Доктор технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1БМ4Н	Луговцова Евгения Дмитриевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 119 страниц, 36 рисунков, 17 таблиц, 61 источник, 5 приложений.

Ключевые слова: деревянные опоры, линии электропередач, оценка целостности свай, регуляризованная деконволюция, частотный анализ.

Объектом исследования является определение длины и целостности деревянных опор линий электропередач, **предмет исследования** – применение метода оценки длины и целостности свай с использованием вибраторов.

Целью данной работы является оценка нового подхода с использованием вибраторов в определении состояния деревянных опор ЛЭП по средствам вычисления длины опоры и обнаружения позиции дефектов.

Задачи исследования: экспериментальная проверка работоспособности системы вибраторов, оптимизация параметров линейно-частотно-модулированного сигнала, оптимизация параметров регуляризации.

В качестве метода исследования был использован метод виброакустического контроля, с помощью вибраторов закрепленных вокруг опоры, а также проведен анализ полученных данных на основе метода прямой деконволюции с регуляризацией по Тихонову.

В процессе исследования проводились:

1. Оценка нового подхода на примере цилиндрических опор небольшого диаметра (20 см) и длины (2 м) изготовленных из однородного изотропного материала.

2. Исследование поведения анизотропного материала на примере цилиндрических опор небольшого диаметра (20 см) и длины (3 м) изготовленных из древесины.

3. Сравнение результатов полученных с использованием изотропного и анизотропного материалов.

4. Оценка и анализ полученных результатов для определения состояния деревянных опор ЛЭП.

Определения, обозначения, сокращения

В настоящей работе использованы следующие обозначения и сокращения:

ЛЭП – линии электропередач;

НК – неразрушающий контроль;

ЛЧМ – линейная частотная модуляция;

НИР – научно-исследовательская работа;

ВАМ – Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung;

ПДУ – предельно допустимый уровень;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

Оглавление

РЕФЕРАТ	9
ВВЕДЕНИЕ	13
Глава 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	15
1.1 Характеристика объекта контроля	15
1.2 Современный уровень развития систем контроля состояния деревянных опор	17
1.3 Теоретические основы	22
1.4 Выводы	26
Глава 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	27
2.1 Постановка эксперимента по методу контроля длины и целостности свай	27
2.2 Постановка эксперимента по методу оценки целостности свай с использованием вибраторов	29
2.2.1 Эксперименты на опоре из полимерного материала	31
2.2.2 Эксперименты на деревянной опоре	35
Глава 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОВЕДЕННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ	37
3.1 Результаты экспериментов на опоре из полимерного материала	37
3.1.1 Метод контроля длины и целостности свай	37
3.1.2 Метод оценки целостности свай с использованием вибраторов	38
3.2 Результаты экспериментов на деревянной опоре	44
3.2.1 Метод контроля длины и целостности свай	44
3.2.2 Метод оценки целостности свай с использованием вибраторов	45
3.3 Выводы	50
Глава 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	52
4.1 Предпроектный анализ	52
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	52
4.1.2 SWOT-анализ	53
4.2 Инициация проекта	55
4.2.1 Цели и результат проекта	55
4.2.2 Организационная структура проекта	57
4.3 План проекта	58
4.3.1. Бюджет научного исследования	58
4.3.2 Реестр рисков проекта	64
Глава 5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	66
5.1 Введение	66
5.2 Социальные права персонала	67
5.2.1 Охрана труда	67
5.2.2 Охрана окружающей среды	67
5.4 Защита от опасных производственных факторов	75
5.4.1. Защита от опасности электропоражения	75

5.4.2 Защита от пожаров.....	76
5.4.3 Защита окружающей среды	77
5.4.4 Предотвращение ЧС и устранение их последствий	79
5.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .	81
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	83
Список публикаций.....	85
Список используемых источников.....	86
Приложение А.....	92
Приложение Б	94
Приложение В.....	95
Приложение Г	96
Приложение Д.....	97

ВВЕДЕНИЕ

Деревянные опоры используются в гражданском строительстве как опоры для поддержки воздушных линий электропередач (ЛЭП) из-за их относительно легкой установки и веса, а также низкой стоимости материала. В бывшем СССР и других странах, предпочтение было отдано железобетонным опорам. Однако, отечественный опыт применения железобетонных опор выявил такие серьезные недостатки как большой вес, наличие токов утечки, плохую работу на изгиб, боязнь ударных нагрузок и т.д. [1]. В то время как, многолетнее использование деревянных опор, в таких странах как Финляндия, Австралия, Германия и др. показывает, что деревянные опоры являются надежными и могут быть использованы в течение длительного времени. Что в свою очередь служит мотивацией также использовать древесину в качестве материала для производства столбов ЛЭП на постсоветском пространстве.

В соответствии с ГОСТ 20022.0-93 деревянные столбы можно использовать до 50 лет в зависимости от их пропитки [2]. При таких сроках эксплуатации актуальным является вопрос, об оценке надежности опор используя способы современной диагностики их состояния.

Основными проблемами в ходе эксплуатации опоры являются снижение ее прочности и способности противостоять изгибающим нагрузкам. Причиной этого является интенсивное загнивание древесины на переходе почва-атмосфера, связанное с деятельностью дереворазрушающих грибов [1].

Существуют методы контроля, позволяющие определить годность опоры, либо признать необходимость ее усиления или замены. К примеру, прибор, оценивающий загнивание опоры путем измерения глубины проникновения щупа в древесину под действием тарированной силы [1]. Недостатком применяемых методов является необходимость откапывать опору на глубину до 40 см. Производители зарубежных приборов заявляют о возможности оценки остаточного срока службы опоры без необходимости

откапывать опору, однако критерии и надежность оценки остаются под вопросом [3, 4, 5].

Таким образом, из-за отсутствия надежного метода оценки деградации опор ЛЭП, многие из них подвергаются демонтажу, хотя некоторые из них имеют незначительные повреждения и могут оставаться в эксплуатации. При использовании надежных методов и средств неразрушающего контроля (НК) таких ситуаций можно было бы избежать, экономя не только деньги, но и природные ресурсы.

Научная и практическая новизна работы заключается в:

1. исследовании и оценке нового подхода в определении состояния деревянных опор ЛЭП по средствам вибраторов закрепленных вокруг опоры.

2. определении оптимальных параметров системы, таких как линейно-частотномодулированный сигнал (ЛЧМ-сигнал), предназначенный для управления вибраторами; положение вибраторов относительно продольной оси опоры (параллельно, под 45°); положение сенсоров (акселерометров) на опоре; значение параметра регуляризации (0,1; 1; 7).

Автор выражает глубокую благодарность своему научному руководителю – профессору, д.т.н. А. И. Солдатову за ценные советы, всестороннюю поддержку и критические замечания в процессе выполнения исследования и написания работы. Также отдельные слова благодарности хочется сказать д.т.н. Мартину Краузе и д.т.н. Кристиану Боллеру, а также аспиранту Е. П. Эртелю, за поддержку и полезные рекомендации при выполнении работы во время прохождения научно-производственной практики.

Глава 1. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Характеристика объекта контроля

Древесина используется на протяжении тысячелетий не только в качестве топлива, но и в качестве строительного материала. Это один из наиболее часто применяемых строительных материалов из-за своей низкой стоимости и высокой удельной прочности [6]. Этот природный композит имеет целлюлозные волокна, которые делают его прочным в растяжении, окруженные матрицей лигнина, которая сопротивляется сжатию. Таким образом, древесина сочетает в себе высокую прочность и жесткость, однако, из-за анизотропии эти значения зависят от направления испытания материала и типа древесины.

Анизотропию древесины можно объяснить через ее структуру (рис. 1.1). Большинство клеток, от 90 до 95%, являются вертикальными и выровнены параллельно стволу дерева. Остальные 5-10% расположены в радиальном направлении, и нужно отметить, что нет клеток выровненных по касательной.

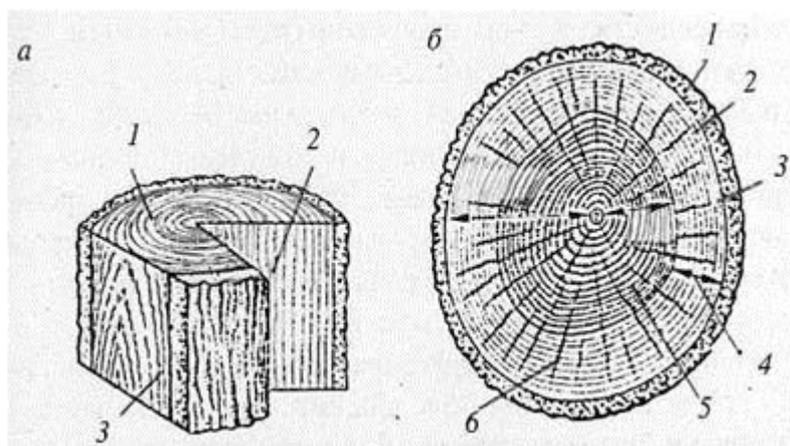


Рисунок 1.1 – Строение ствола дерева: а – основные разрезы ствола: 1 – поперечный, 2 – радиальный, 3 – тангентальный; б – строение ствола дерева на поперечном разрезе: 1 – кора, 2 – камбий, 3 – луб, 4 – заболонь, 5 – сердцевина, 6 – сердцевинные лучи [7]

На рисунке 1.1 видны три основных раздела древесины: сердцевина, заболонь и кора. По внутренней структуре различают два основных типа древесины – хвойных и лиственных пород. Хвойные деревья (сосна, ель, кедр,

лиственница) имеют вертикальные ячейки, которые называются трахеиты, от 2 до 4 мм длиной и примерно 30 мкм в ширину. Широколиственные деревья (дуб, клён) имеют вертикальные ячейки, которые называются волокна либриформа, длиной от 1 до 2 мм и шириной 15 мкм. Сечение обоих трахеит и волокон либриформа приведены на рисунке 1.2.

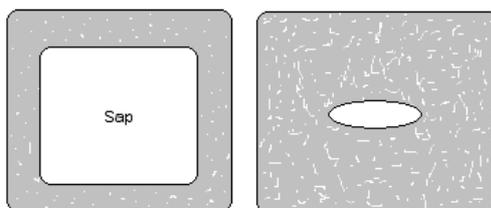


Рисунок 1.2 – Поперечные разрезы трахеиты (слева) и волокна либриформа (справа) [6]

Другим фактором, влияющим на свойства древесины, является влажность, с увеличением которой прочность дерева уменьшается. При переходе от макро- к полной структуре, следует отметить, что ствол дерева находится в напряжённом состоянии (рис. 1.3). Это обусловлено, усадкой внутренней заболони во время ее высыхания и образовании сердцевины. Таким образом, более низкое содержание влаги в сердцевине обеспечивает большее сопротивление сжатию.

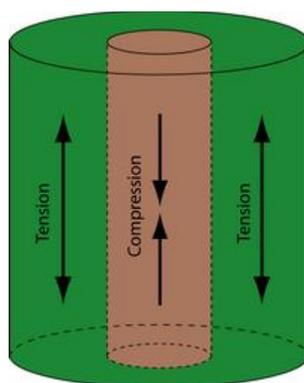


Рисунок 1.3 – Ствол дерева в напряжённом состоянии [6]

Другой интересный момент состоит в том, что древесина обладает вязкоупругими свойствами, за счет матрицы из лигнина. Это в свою очередь, обеспечивает рассеивание энергии и затухание колебаний при нагрузке [6].

Таким образом, древесина, используемая в качестве строительного материала, имеет следующие преимущества: высокая ударная и удельная прочности, низкая стоимость производства, возобновляемость и устойчивость к концентрации напряжений. Однако, при всех своих преимуществах, древесина обладает рядом таких недостатков как варьирование свойств материала в зависимости от породы, снижение прочности древесины при повышении влажности, анизотропия, а также деградация и загнивание, связанные с деятельностью дереворазрушающих грибков и термитов. Тем не менее, древесина остается наиболее широко используемым при строительстве природным материалом в мире.

1.2 Современный уровень развития систем контроля состояния деревянных опор

Деревянные опоры используются в гражданском строительстве как опоры для поддержки воздушных линий электропередач (ЛЭП) из-за их относительно легкой установки и веса, а также низкой стоимости материала. Миллионы опор используются по всему миру, например, около 130 млн. в США и более 5 млн. в Австралии. [8, 9]. Древесина как природный материал подвержен деградации и загниванию, которые в свою очередь связаны с деятельностью дереворазрушающих грибов и термитов. Основной зоной грибкового поражения является переход почва-атмосфера, в то время как зоной атаки термитов является нижний конец опоры. Продолжительность жизни деревянных опор составляет 35 лет, но срок службы может быть продлен до 50 лет в случае соответствующей пропитки, регулярных инспекций и обслуживания [2, 10].

Классическими методами, используемыми в оценке состояния деревянных опор ЛЭП, являются визуальный контроль и прозвучивание [11, 12]. Преимуществом такого контроля является быстрое его проведение, но даже при наличии хорошо обученного и опытного инспектора, оба метода остаются весьма субъективными. На настоящий момент на рынке доступно

несколько контрольно-измерительных приборов для оценки состояния деревянных опор. К примеру, системы mastap и Polux®, а также приборы АКОД® и IML Resistograph® [3, 4, 5, 13, 14, 15].

Система mastap (рис. 1.4) нацелена на контроль уличных фонарей и опор ЛЭП, и охватывает такие материалы, как алюминий, сталь, бетон и дерево. Основной принцип состоит в измерении собственных частот колебаний опоры (вместе с креплениями) по средствам вынужденной вибрации. Заключение о надежности опоры выносится на основе измеренных жесткости и отклонения вершины опоры под нагрузкой. Также при контроле учитываются размеры опоры, материал (включая разные породы дерева), нагрузки, температура, влажность и т.д. Производитель утверждает, что контроль занимает всего несколько минут и полученные данные являются воспроизводимыми и не зависят от оператора [3].

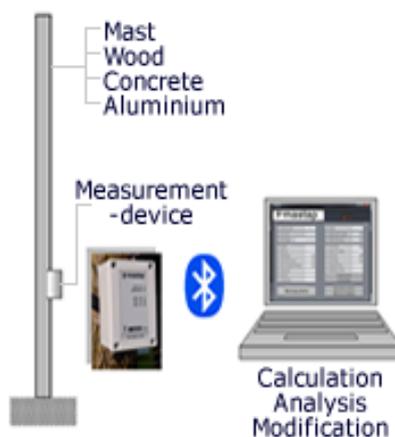


Рисунок 1.4 – Измерительный принцип системы mastap [3]

Другим методом неразрушающего контроля деревянных опор является система Polux® (рис. 1.5). Устройство содержит в себе два изолированных электрода, которые вводятся в опору на уровне почвы и измеряют содержание влаги через измерение электрической проводимости. Также усилие вставки измеряется с помощью датчика усилия, который установлен у основания электродов. Глубина проникновения электродов составляет 5 см, данная

глубина является глубиной критической прочности несущей внешней оболочки опоры. Для повышения надежности, рекомендуется проводить два измерения на каждой из опор в двух диаметрально противоположных точках. За исключением данных о твердости и влажности опоры, пять других параметров включены в анализ: порода и возраст дерева, диаметр и длина опоры, и наличие сучков. На основании полученных данных делаются выводы об остаточной прочности и минимальном остаточном сроке эксплуатации опоры [4].

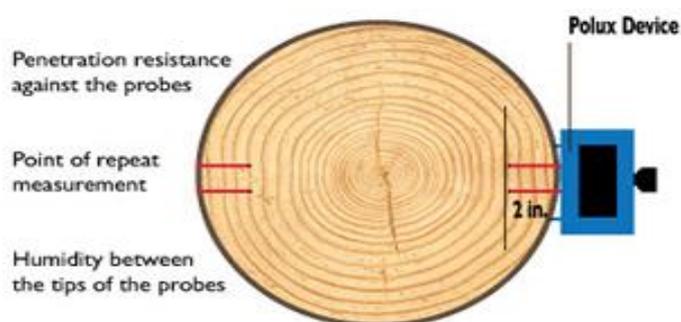


Рисунок 1.5 – Измерительный принцип системы Polux® [16]

Приборы, предназначенные для определения степени загнивания древесины (АКОД®, IML Resistograph®), основываются на контроле твердости древесины опоры при помощи стальной иглы. Игла проникает внутрь опоры под действием тарированной пружины, по степени сжатия которой определяют степень загнивания [5, 15]. Также существуют специальные адапторы, которые позволяют проникать в опору под углом 45°, тем самым позволяя избежать откапывания и уменьшая время, затрачиваемое при контроле [12]. Пример резистограммы показан на рисунке 1.6, где ось y и x соответствуют твердости (%) и глубине проникновения (см) соответственно.

В гражданском строительстве, существует подход, в котором расчет сопротивления размыва моста основывается на оценке длины встроенных деревянных свай. Специально для этого Дэвисом (1994) были разработаны два метода: сейсмоакустический метод - «sonic echo» и метод акустического сканирования - «parallel seismic». В основе испытаний на целостность

сейсмоакустическим методом лежит теория распространения упругой волны в исследуемом объекте. Волна возбуждается по средствам удара оголовка сваи инструментальным молотком. Отраженная волна регистрируется при помощи акселерометра, который устанавливается на оголовок сваи, таким образом, чтобы его измерительная ось располагалась параллельно оси сваи. По полученной рефлектограмме, определяют целостность и длину опоры [11, 16, 17, 18, 19]. Данный метод является стандартизированным в соответствии с ASTM D5882-01 и DGGT AK 2.1 (EA Pfähle) [20, 21].

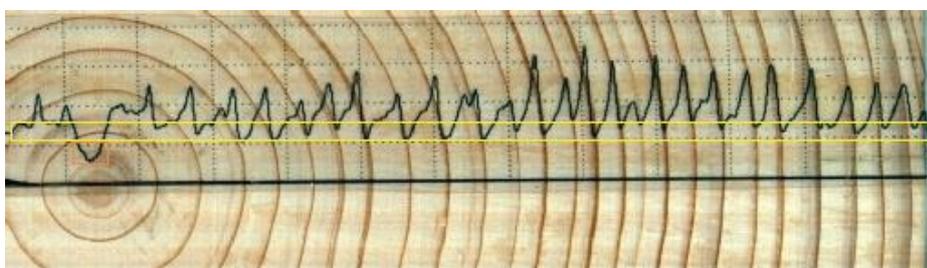


Рисунок 1.6 – Пример результата полученного при контроле твердости древесины [14]

Для проведения метода акустического сканирования необходимо предварительно установить проводящие трубки, число которых зависит от диаметра сваи. Передатчик, геофон или гидрофон, опускают в трубу на определённую глубину, в то время как волна возбуждается по средствам оказания воздействия на землю вокруг оголовка сваи. Длина опоры определяется из анализа сейсмограмм [12, 16].

Дугласом и Хольтом (1993) был проведен анализ изгибных волн в деревянных сваях, по результату которого длины 26 свай были оценены с точностью $\pm 10\%$ [12, 22].

Неразрушающий метод оценки на основе распространения упругих волн является результатом исследования деревянных опор и свай, проведенных Энтони и др. Физический принцип метода является таким же, как у сейсмоакустического метода. Длина сваи определяется по времени

прохождения волны и ее отражения от конца опоры, которое также связано с резонансной частотой опоры [12, 23, 24].

Установленное оборудование для испытаний деревянных свай показано на рисунке 1.7. Два акселерометра используются для определения скорости волны путем измерения времени прохождения. Так как оголовок сваи не был доступен, исследования проводились с целью определить оптимальный угол, под которым упругая волна будет проходить вдоль продольной оси опоры. В ходе исследований было установлено, что наилучшие результаты получаются, когда винт установлен как можно ближе к свайной насадке под углом менее 45° от продольной оси. Также было установлено, что 1,4 килограммовая кувалда с пластмассовым наконечником средней плотности обеспечивает наилучшее соотношение энергии сигнала к минимальному ослаблению сигнала. Проведенное исследование показало, что акселерометр, закрепленный на алюминиевом блоке и вкрученный с помощью винта в опору, является подходящим методом крепления датчика, чтобы обеспечить обнаружение волны с низкой энергией, отраженной от конца сваи. Длины свай от 6 до 18 м были определены с точностью $\pm 15\%$ от длины сваи.

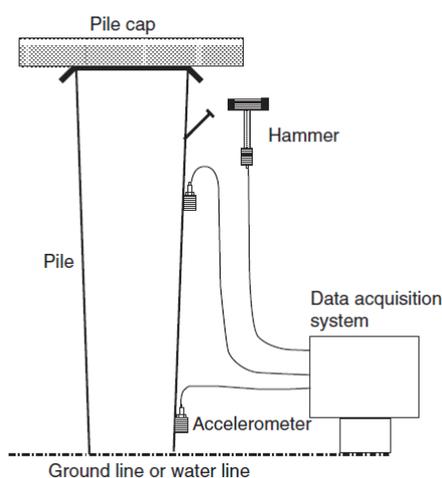


Рисунок 1.7 – Удар молотка и расположение датчиков на деревянной свае [12]

1.3 Теоретические основы

Упругие волны уже давно используется для неразрушающего контроля различных материалов и, в частности древесины. Когда длина волны намного меньше по сравнению с размерами объекта контроля, в объекте контроля возбуждается три основных типа волн – продольные, поперечные и поверхностные волны Релея. Скорость продольных v_L и поперечных v_S волн в твердой среде, определяется в зависимости от свойств материала данной среды следующим образом:

$$v_L = \sqrt{\frac{E(1 - \mu)}{\rho(1 + \mu)(1 - 2\mu)}} \quad (1.1)$$

$$v_S = \sqrt{\frac{E}{2\rho(1 + \mu)}} \quad (1.2)$$

Здесь E – модуль упругости, ρ – плотность, μ – коэффициент Пуассона.

Тем не менее, когда длина волны соотносится или значительно больше, чем размеры поперечного сечения стержня, распространяющаяся волна в этом случае будет квази-продольной и это связано со свойствами материала следующим образом [25]:

$$v = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1.3)$$

1.3.1 Метод оценки целостности свай

Жан Паке впервые в 1968 описал физические основы метода и обосновал проблемы связанные с оценкой целостности свай на основе ультразвуковых методов. К примеру, значительное затухание высоких частот в бетонных опорах связанное с неоднородностью материала и эффектом почвы, окружающей опору [12], [21].

Позже, метод также был описан Рауше и др., которые рассматривали теорию распространения одномерной волны в линейно упругой опоре, длина которой на порядок больше чем диаметр [26]. Таким образом, упругая волна

возбужденная ударом молотка распространяется в опоре при определенной скорости, зависящей от свойств материала, как это записано в формуле (1.3).

Отражение волны происходит из-за изменения импеданса, который описывается следующей формулой [26]:

$$Z = \frac{EA}{v} \quad (1.4)$$

Здесь Z – импеданс, A – поперечное сечение опоры.

Уменьшение поперечного сечения или модуля упругости приводит к так называемому отражению растяжения, в то время как увеличение производит отражение сжатия (рис. 1.8) [26].

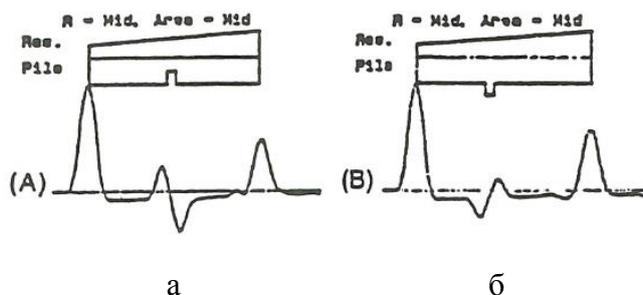


Рисунок 1.8 – Результаты моделирования для а - отражения напряжения и б - отражения сжатия [26]

Динамическая нагрузка, приложенная к оголовку сваи, описывается как синусоидальная функция, где рассматривается только половина синуса [27]:

$$p = p_0 \sin \omega t \text{ при } 0 \leq t \leq \frac{T}{2} \quad (1.5)$$

Здесь T это период колебания внешнего возбуждения.

Отношение между длиной волны λ , частотой f и скоростью v для всех видов волн описывается следующим образом:

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (1.6)$$

Время t , затраченное на прохождение волны по всей длине опоры L и ее отражения от конца и возвращения обратно, измеряется как расстояние между пиком, соответствующим времени удара молотком и пиком, соответствующим

времени отражения волны от конца опоры. Таким образом, длина опоры определяется как [28]:

$$L = \frac{vt}{2} \quad (1.7)$$

Акселерометр измеряет данные в виде ускорения, которые усиливаются, фильтруются и интегрируются для получения изменения скорости распространения волны в опоре.

На рисунке 1.9 показано типовое устройство оборудования для проведения измерений. Результаты измерений, в виде рефлектограммы показаны на рисунке 1.10. Данный метод является стандартизированным в соответствии с ASTM D5882-01 и DGGT AK 2.1 (EA Pfähle) [20], [21].

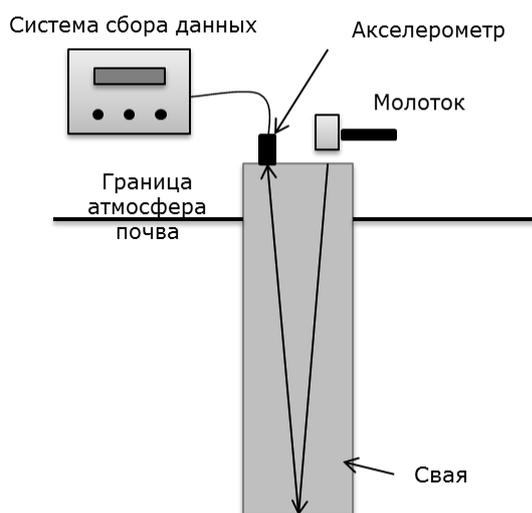


Рисунок 1.9 – Схема устройства оборудования для проведения измерений на целостность опоры



Рисунок 1.10 – Идеализированная рефлектограмма

1.3.2 Метод оценки целостности свай с использованием вибраторов

Идея использования вибраторов возбуждаемых синусоидальным сигналом с использованием линейной частотной модуляции (ЛЧМ) для оценки целостности свай была представлена Жаном Паке в 1968 году [12]. Последующие исследования, проведенные Паке и Бриаром выявили, что наилучшим подходом является частотный анализ реакции на вибрационное воздействие [29]. В ходе научно-исследовательского проекта «PileInspect» было предложено использовать вибратор как источник возбуждения волны. Основными причинами для этого послужили: низкая цена устройства, возможность контроля сигналов возбуждения, а также возможность использования новых методов обработки сигналов.

Вибратор это устройство, которое производит звук удара и передает колебания в объект, к которому он прикреплен. Небольшой вес внутри вибратора, колеблется по средствам звуковой катушки, которая в свою очередь, подключена к усилителю, подающему аудио-сигналы [30].

Управляющий сигнал $x(t)$ генерируется в форме логарифмического ЛЧМ сигнала при умножении приращения фазы $\Delta\varphi$ на постоянный множитель $Mul\varphi$ следующим образом [31]:

$$x(t) = A \cdot \sin(\varphi) \quad (1.8)$$

$$\varphi = \varphi + \Delta\varphi \quad (1.9)$$

$$\Delta\varphi = \Delta\varphi \cdot Mul\varphi \quad (1.10)$$

$$Mul\varphi = 2^{\frac{\log_2(f_{stop}-f_{start})}{N}} \quad (1.11)$$

Здесь f_{start} – начальная частота ЛЧМ сигнала, f_{stop} – конечная частота ЛЧМ сигнала, N – число сэмплов.

Для анализа измеренных сигналов предлагается использовать деконволюцию измеренного (выходного) сигнала и сигнала возбуждения (входного). Деконволюция сигналов выполняется в частотной области, в связи с быстротой и легкостью выполнения деления частотного спектра выходного сигнала на частотный спектр входного сигнала [32].

$$I(\omega) = \frac{X(\omega)}{S(\omega)} \quad (1.12)$$

Здесь $I(\omega)$ – передаточная функция системы, $X(\omega)$ – частотный спектр выходного сигнала, $S(\omega)$ частотный спектр входного сигнала.

Во избежание ситуаций, при которых выражение становится неопределенным, требуется использовать один из методов регуляризации. В данной работе был использован метод Тихонова [33]:

$$I(\omega) = \frac{S(\omega)^* \cdot X(\omega)}{(S(\omega)^* \cdot S(\omega) + \varepsilon) \cdot dt} \quad (1.13)$$

Здесь ε – параметр регуляризации, dt – временной инкремент измерения, $S(\omega)^*$ - комплексно сопряженная величина частотного спектра.

Таким образом, функция импульсного отклика рассчитывается путем обратного преобразования Фурье передаточной функции системы:

$$i(t) = FFT^{-1}(I(\omega)) \quad (1.14)$$

1.4 Выводы

Проведенный анализ показал, что существующие приборы контроля целостности деревянных опор линий электропередач используют либо разрушающие методы контроля (с проникновением внутрь с помощью иглы), либо требуют большой предварительной подготовки как оборудования так и объекта контроля, которую может проводить только высококвалифицированный специалист, и обладают низкой достоверностью контроля. Поэтому необходимо провести исследования по выявлению других методов контроля, обеспечивающих необходимую достоверность контроля.

Глава 4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Существует множество факторов, определяющих перспективность научного исследования. Одним из таких факторов является коммерческая ценность разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно знать для анализа перспектив проводимых научных исследований.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и результативности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования был рассмотрен целевой рынок и проведено его сегментирование.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Деревянные опоры ЛЭП являются необходимой составляющей систем энергоснабжения и уже давно используются в этой области. При создании системы контроля состояния деревянных опор по средствам определения длины опоры и нахождения дефектов и ее последующей коммерциализации, потенциальными потребителями могут выступать сетевые компании энергетического сектора.

4.1.2 SWOT-анализ

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

Он проводился в несколько этапов.

На **первом этапе** было проведено описание сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Сильные и слабые стороны, возможности и угрозы приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Матрица SWOT

Сильные стороны научного проекта: С1. Возможность осуществления контроля состояния деревянных опор без откапывания опоры; С2. Неразрушаемый метод контроля; С3. Квалифицированный персонал.	Слабые стороны научного проекта: Сл1. Трудоемкая установка оборудования для проведения экспериментов; Сл2. Трудоемкая обработка данных. Сл3. Невозможность подобрать эталонный образец – деревянную опору.
Возможности: В1. Увеличение финансирования; В2. Появление новых инструментов для анализа данных; В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт.	Угрозы: У1. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования; У2. Технические проблемы во время измерений.

Второй этап состоял в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие помогли выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа были построены интерактивные матрицы проекта. Их использование помогает разобраться с различными комбинациями

взаимосвязей областей матрицы SWOT. Матрица «Сильные стороны-возможности» (таблица 4.2) показывает, какие сильные стороны необходимо использовать, чтобы получить отдачу от возможностей во внешней среде.

Таблица 4.2 – Матрица «Сильные стороны-возможности»

	Сильные стороны			
		С1.	С2.	С3.
Возможности	В1.	-	-	+
	В2.	+	+	+
	В3.	+	+	-

Анализ таблицы 4.2 представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей: В1С3; В2С1С2С3; В3С1С2.

Матрица «Слабые стороны-возможности» (таблица 4.3) показывает, за счет каких возможностей внешней среды организация сможет преодолеть имеющиеся слабости.

Таблица 4.3 – Матрица «Слабые стороны-возможности»

	Слабые стороны			
		Сл1.	Сл2.	Сл3.
Возможности	В1.	+	-	-
	В2.	-	+	-
	В3.	-	-	-

Анализ таблицы 4.3 представляется в форме записи сильно коррелирующих слабых сторон и возможностей: В1Сл1; В2Сл2.

Матрица «Сильные стороны-угрозы» (таблица 4.4) показывает, какие силы необходимо использовать организации для устранения угроз.

Анализ таблицы 4.5 представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и угроз: У2С3.

Матрица «Слабые стороны-угрозы» показывает (таблица 4.5), от каких слабостей необходимо избавиться, чтобы попытаться предотвратить нависшую

угрозу.

Таблица 4.4 – Матрица «Сильные стороны-угрозы»

	Сильные стороны			
Угрозы		С1.	С2.	С3.
	У1.	-	-	-
	У2.	-	-	+

Таблица 4.5 – Матрица «Слабые стороны-угрозы»

	Слабые стороны			
Угрозы		Сл1.	Сл2.	Сл3.
	У1.	0	0	-
	У2.	+	+	+

Анализ таблицы 5.5 представляется в форме записи сильно коррелирующих слабых сторон и угроз: У2Сл1Сл2Сл3.

По окончании **третьего этапа** была составлена итоговая матрица SWOT-анализа, которая приведена в Приложении А.

За счет увеличения финансирования, уменьшения времени на установку оборудования и использование новых методов обработки сигналов, станет возможным создание и внедрение системы контроля состояния деревянных опор. Это, в свою очередь позволит снизить количество аварийных ситуаций и увеличить срок службы деревянных опор ЛЭП.

4.2 Инициация проекта

4.2.1 Цели и результат проекта

Объектом исследования является определение длины и целостности деревянных опор линий электропередач, предмет исследования – применение метода оценки длины и целостности свай с использованием вибраторов.

Цель исследования – продемонстрировать работоспособность метода оценки длины и целостности свай с использованием вибраторов для определения длины деревянной опоры и обнаружения позиции дефекта.

Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Научное сообщество (лаборатории, научно-исследовательские центры, занимающиеся фундаментальными и прикладными исследованиями в области неразрушающего контроля и диагностики)	Результаты фундаментальных исследований, полученных при выполнении работы
Предприятия, занимающиеся оценкой состояния опор линий электропередач	Снижение затрат на ремонтно-восстановительные работы, связанные с повреждениями деревянных опор ЛЭП в процессе их эксплуатации
Сетевые компании энергетического сектора	Появление на рынке недорогой системы для быстрого и точного контроля деревянных опор ЛЭП

В таблице 4.7 представлена информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.7 – Цели и результат проекта

Цель проекта:	Продемонстрировать работоспособность метода оценки длины и целостности свай с использованием вибраторов для определения длины деревянной опоры и обнаружения позиции дефекта
Ожидаемые результаты проекта:	Оптимизация параметров системы (ЛЧМ-сигнал, положение вибраторов, положение акселерометров на опоре, параметр регуляризации)

Продолжение таблицы 4.7	
	Определение длины и обнаружение дефектов в опорах с использованием вибраторов и регуляризированной деконволюции
Требования к результату проекта:	Предоставление результатов исследования для их использования в последующей разработке системы контроля состояния деревянных опор ЛЭП
	Публикация результатов исследования

4.2.2 Организационная структура проекта

На данном этапе работы был составлен список основных участников рабочей группы данного проекта, а также прописаны функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте.

Эта информация представлена в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Dr. Martin Krause, научный сотрудник отдела 8.5, ВАМ	Координация (руководитель проекта в ВАМ)	Координирование деятельности	220
2	Солдатов А.И., профессор каф. ПМЭ	Координация (руководитель проекта в ТПУ)	Координация деятельности	96
3	Jens-Peter Ertel, аспирант, ВАМ	Консультирование	Консультирование	160
4	Луговцова Е.Д. магистрант каф. ТПС, ТПУ и ДИУ	Выполнение (исполнитель проекта)	Выполнение исследовательской работы	968
ИТОГО:				1444

4.3 План проекта

Залогом успешной реализации любого проекта является оптимальное планирование занятости каждого из его участников и сроков проведения отдельных работ на этапе организации процесса.

На данном этапе были установлены полный перечень проводимых работ, их исполнителей и оптимальная продолжительность. Результатом планирования реализации проекта является построение наиболее удобного, простого и наглядного для этих целей линейного графика типа диаграммы Ганта. Для его построения составлен перечень работ и соответствующих им исполнителей, а также продолжительность выполнения этих работ, которые сведены в календарный план проекта.

Календарный план проекта и диаграмма Ганта представлены в Приложении Б и В соответственно.

Научным руководителем проекта является Dr. Martin Krause и Солдатов А.И., д.т.н., профессор каф. ПМЭ. Руководитель выполняет координацию деятельности участников проекта, производит опытно-конструкторскую работу. Исполнителем является Луговцова Евгения Дмитриевна. Исполнитель производит поиск и представление информации, проводит экспериментальные измерения по теме проекта. А также выполняет необходимые задания и указания руководителя.

4.3.1. Бюджет научного исследования

При планировании бюджета необходимо провести полную оценку всех расходов, необходимых для ее выполнения. Все расчеты производятся в евро, так как это валюты страны выполнения исследовательской работы.

Расходы группируются по следующим статьям:

- ✓ расходы на сырье, материалы, покупные изделия;
- ✓ расходы на специальное оборудование;

- ✓ основная заработная плата;
- ✓ отчисления в социальные фонды;
- ✓ работы, выполняемые сторонними организациями;
- ✓ накладные расходы.

*4.3.1.1 Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты
(за вычетом отходов)*

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ.

В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5% от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов).

Результаты по данной статье занесены в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 – Сырье, материалы, комплектующие изделия и покупные полуфабрикаты

№ п/п	Наименование	Кол-во	Цена за единицу, евро	Сумма, евро
1	Блокнот	3 шт.	5	15
2	Ручка шариковая	2 шт.	3	6
Всего за материалы				21
Транспортно-заготовительные расходы (5%)				15
Итого по статье C_m				36

Затраты на электроэнергию рассчитаны не были, так как поставщик и тариф электроэнергии в Федеральном институте исследования и тестирования материалов (ВАМ) не известны.

4.3.1.2 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.

В таблице 4.10 приведен расчет затрат по статье «Специальное оборудование для научных работ».

Таблица 4.10 – Специальное оборудование для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, евро.	Общая стоимость оборудования, евро.
1	Персональный компьютер	1	600	600
2	Монитор	1	200	200
3	Вибратор	4	150	600
4	Адапторы	4	50	200
5	Аудио-кабель	2	5	10
6	Опора из полимерного материала	1	25	25
7	Деревянная опора	1	25	25
Итоговая сумма				1660

4.3.1.3 Основная заработная плата

Данная статья расходов включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта (научный руководитель, исполнитель). Расчет основной заработной платы выполняется на основе трудоемкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя.

Основная заработная плата работника определяется по формуле:

$$Z_{осн.} = Z_{дн.} \cdot T_{раб.} \quad (4.1)$$

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

$T_{раб.}$ – продолжительность работ в рабочих днях.

Среднедневная заработная плата $Z_{дн.}$ рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн.} = \frac{Z_m \cdot M}{F_\delta} \quad (4.2)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение полугода (при отпуске в 24 раб. дня $M = 5,6$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 5,2$ месяца, 6-дневная неделя);

F_δ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Так как работа проводилась в Германии, федеральная земля Берлин, город Берлин, расчеты заработной платы производятся согласно *TVöD*. В связи с тем, что Федеральный институт исследования и тестирования материалов (ВАМ) является государственным учреждением, оплата производится по специальным тарифам единым для всех государственных организации Германии. Оклады зависят от квалификации сотрудника (бакалавр, магистр), от количества рабочих часов (полная занятость или частичная), а также от стажа. Всего имеется 15 категорий оплаты от E1 до E15. Данные категории прописаны в трудовом договоре каждого сотрудника. Студенты во время написания магистерской работы зарплаты не получают.

Таким образом, месячный должностной оклад научного руководителя (PHD) составляет по тарифу E14 (полная занятость – 7 часов 48 минут в день)

$$Z_{м.нр.} = 5497,91\text{€}$$

Месячный должностной оклад исполнителя, как учебно-вспомогательного персонала:

$$Z_{м.и.} = 0\text{€}$$

Определим действительный годовой фонд рабочего времени F_δ научного руководителя, исполнителя, исходя из того, что они работают по 5-дневной

неделе (таблица 4.11).

Среднедневная заработная плата научного руководителя:

$$Z_{дн.нр.} = \frac{5497,91\text{€} \cdot 5,6}{109} = 282,46 \text{ €}$$

Среднедневная заработная плата исполнителя:

$$Z_{дн.и.} = 0 \text{ €}$$

Исходя из количества рабочих, основная заработная плата составит для руководителя:

$$Z_{осн.нр.} = 282,46 \cdot 109 = 30788,3 \text{ €}$$

для исполнителя:

$$Z_{осн.и.} = 0$$

Итоговый расчёт основной заработной платы приведён в таблице 4.12.

Таблица 4.11 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	182	182
Количество нерабочих дней	61	61
- выходные дни	52	52
- праздничные дни	9	9
Потери рабочего времени	12	0
- отпуск	12	0
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	109	121

Таблица 4.12 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Z_m , €.	$Z_{дн.}$, €.	$T_{раб.}$, раб. дн.	$Z_{осн.}$, €.
Научный руководитель	5497,91	282,46	109	30788,3
Исполнитель	0	0	121	0

4.3.1.4 Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата не предоставляется.

4.3.1.5 Расчет отчислений на социальные нужды

Отчисления на социальные нужды включают в себя отчисления во внебюджетные фонды: пенсионный фонд, медицинская страховка и т.д. Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды $k_{внеб.}$. Составляет 36,4 %.

$$C_{внеб.} = k_{внеб.} \cdot C_{зп.} \quad (4.3)$$
$$C_{внеб.} = 0.364 \cdot 30788,3 = 11206,94 \text{ €}$$

4.3.1.6 Расчет накладных расходов

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др. Накладные расходы составляют 80-100% от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Примем коэффициент накладных расходов $k_{накл.}$ равным 80%.

$$C_{накл.} = k_{накл.} \cdot C_{зп.} \quad (4.4)$$
$$C_{накл.} = 0.8 \cdot 30788,3 = 24630,64 \text{ €}$$

Группировка затрат по статьям приведена в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Группировка затрат по статьям

Статьи затрат (евро)						Итого плановая себестоимость
C_m	$C_{\text{спец.об.}}$	$C_{зп.}$	$C_{внеб.}$	$C_{\text{ст.орган.}}$	$C_{накл.}$	
36	1660	30788,3	11206,94	0	24630,64	68321,88

Для реализации данного научного исследования потребуется 68321,88 евро.

4.3.2 Реестр рисков проекта

Идентифицированные риски проекта включают в себя возможные неопределенные события, которые могут возникнуть в проекте и вызвать последствия, которые повлекут за собой нежелательные эффекты. Информация по данному разделу сведена в таблицу (см. табл. 4.14).

1. *Риск невостребованности (оригинальности)* продукции обусловлен тем, что данные измерительные технологии могут быть невостребованы производством и рынком.

2. *Риск технологической «неадекватности»* возникает, когда новая продукция технологически не применима в производстве и не является инвестиционно-привлекательной.

3. *Риск финансовой «неадекватности»* связан с несоответствием значения инновационного проекта и предоставляемых финансовых средств на его реализацию.

4. Успешная реализация проекта предполагает сочетание не только оригинальности и проработанности проекта, но и сплоченности и профессионализма управленческой команды. При отсутствии высококвалифицированных кадров может возникнуть *риск неуправляемости* проектом.

Таблица 4.14 – Реестр рисков

Название	Потенциальное воздействие	Вероятность наступления (1-5)	Влияние риска (1-5)	Уровень риска	Способы смягчения риска	Условия наступления
Риск неостребованности продукции	Отсутствие прибыли от реализации продукции	2	4	Низкий	Больше публикаций и участия в конференциях, чтобы рекламировать продукт	Отсутствие спроса на продукт
Риск технологической «неадекватности»	Низкий уровень финансирования проекта	2	5	Средний	Грамотная оценка практического применения	Отсутствие инвесторов
Риск финансовой «неадекватности»	Отсутствие новых измерений	1	4	Низкий	Точный расчет необходимых затрат	Неверный расчет бюджета проекта и распределение времени
Риск неуправляемости проектом	Низкий уровень качества продукции	2	4	Средний	Привлечение высококвалифицированного персонала	Низкий профессиональный уровень сотрудников