

**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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы			
Исследование методов измерения толщины стенки легкосплавных бурильных труб			
УДК 620.179.142.5:622.24.053			
Студент			
Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б61	Чэн Цяо		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Якимов Евгений Валерьевич	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Якимова Татьяна Борисовна	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОКД	Сечин Александр Иванович	д.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Якимов Евгений Валерьевич	к.т.н.		

*Планируемые результаты освоения*

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
Р1	<p>Работать индивидуально и в коллективе по междисциплинарной тематике, внедрять в практическую деятельность инновационные подходы для достижения конкретных результатов, обеспечивать корпоративные интересы и соблюдать корпоративную этику</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3; ОПК-4, 8)            CDIO Syllabus (2.3, 3.1, 3.2, 4.7, 4.8)            Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI  <u>Требования профессиональных стандартов</u>            19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14)            19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15)            19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15)            29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16)            29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16)            40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17)            40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14)            40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14)            40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15)            40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р2	<p>Применять основные законы и положения естественных наук и математики, экономических и гуманитарных наук знаний с учетом социальных и культурных аспектов инженерной деятельности при соблюдении требований охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности для ведения полноценной профессиональной деятельности</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-7, 8; ОПК-1, 3, 10)            CDIO Syllabus (1.1., 2.5)            Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.3, 2.5, 4.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI  <u>Требования профессиональных стандартов</u>            19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14)            19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15)            19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15)            29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16)            29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16)            40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17)            40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14)            40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14)            40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15)            40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р3	<p>Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде, в обществе, в т.ч. межкультурном уровне и на иностранном языке</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, 5, ОПК-8, ПК-17)            CDIO Syllabus (3.2)            Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI  <u>Требования профессиональных стандартов</u>            19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14)            19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15)            19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15)            29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
		<p>оптотехники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16)  29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16)  40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17)  40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14)  40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14)  40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15)  40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р4	<p>Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-6)  CDIO Syllabus (2.4)  Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI  <u>Требования профессиональных стандартов</u>  19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14)  19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15)  19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15)  29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16)  29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16)  40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17)  40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14)  40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14)  40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15)  40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р5	<p>Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-2, 5-9)  Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI  <u>Требования профессиональных стандартов</u>  19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14)  19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15)  19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15)  29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16)  29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16)  40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17)  40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14)  40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14)  40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15)  40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р6	<p>Планировать и</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, ОПК-5, 6, ПК-1-4).</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
	<p>проводить теоретические и экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий</p>	<p>CDIO Syllabus (2.1, 2.2, 2.3, 2.4)  Критерий 5 АИОР (п. 1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI  <u>Требования профессиональных стандартов</u>  19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14)  19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15)  19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15)  29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16)  29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16)  40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17)  40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14)  40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14)  40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15)  40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р7	<p>Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-1-6, 8)  CDIO Syllabus (1.2., 1.3, 2.4, 4.1, 4.4)  Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI  <u>Требования профессиональных стандартов</u>  19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14)  19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15)  19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15)  29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16)  29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16)  40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17)  40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14)  40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14)  40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15)  40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)</p>
Р8	<p>Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий</p>	<p>Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ПК-8-18)  CDIO Syllabus (2.4, 4.2, 4.3, 4.5)  Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI  <u>Требования профессиональных стандартов</u>  19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14)  19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15)  19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15)  29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16)  29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16)</p>

Код	Результат обучения	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР
		15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)
Р9	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-2, ПК-7, 19-23) CDIO Syllabus (4.6.) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI <u>Требования профессиональных стандартов</u> 19.016. Специалист по диагностике линейной части магистральных газопроводов №1161н (рег. № 418 от 26.12.14) 19.026. Специалист по техническому контролю и диагностированию объектов и сооружений нефтегазового комплекса №156н (рег. №436 от 3.12.15) 19.032. Специалист по диагностике газотранспортного оборудования №1125н (рег. №800 от 24.12.15) 29.004. «Специалист в области проектирования и сопровождения производства оптоэлектронных, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов» № 1141н (рег. №40836 от 28.01.16) 29.006. Специалист по проектированию систем в корпусе №519н (рег. №850 от 15.09.16) 40.010 Специалист по техническому контролю качества продукции №46271 (рег. №31 от 21.03.17) 40.011 Специалист по научно-исследовательским и опытно-конструкторским разработкам № 31692 (рег. № от 21.03.14) 40.053. Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса №864н (рег. №34867 от 24.11.14) 40.108. Специалист по неразрушающему контролю №976н (рег. №658 от 3.12.15) 40.158. Специалист в области контрольно-измерительных приборов и автоматики №181н (рег. № 961 от 15.02.17)

**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

\_\_\_\_\_ Мойзес Б.Б.  
(Подпись) (Дата)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
151Б61	Чэн Цяо

Тема работы:

Исследование методов измерения толщины стенки легкосплавных бурильных труб	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№51-60/с от 20.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2020
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Произвести обзор методов и средств контроля толщины стенки легкосплавных бурильных труб
---------------------------------	---

<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Требования стандартов к толщине стенки легкосплавных бурильных труб. 2. Обзор существующих методов и средств контроля толщины стенки легкосплавных бурильных труб.
<b>Перечень графического материала</b>	По каждому методу пояснительный лист
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
<b>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</b>	Якимова Татьяна Борисовна к.э.н., доцент отделения социально-гуманитарных наук
<b>«Социальная ответственность»</b>	Сечин Александр Иванович. д.т.н., профессор, отделения общетехнических дисциплин
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» «Социальная ответственность»</b>	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	01.10.2019
---	------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Якимов Евгений Валерьевич	к.т.н., доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б61	Чэн Цяо		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
151Б61	Чэн Цяо

<b>Школа</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ЭПЭО</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	приборостроение

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:</b>	
<i>1. Стоимость ресурсов исследования: материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость выполняемых работ, материальных ресурсов, согласно применяемой техники и технологии, в соответствии с рыночными ценами. Оклады в соответствии с окладами сотрудников «НИ ТПУ».
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- районный коэффициент- 1,3; - коэффициент доплат -0,15; - накладные расходы – 16%.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления во внебюджетные фонды – 30%
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации
<i>Планирование и формирование бюджета проекта</i>	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта. Определение затрат на проектирование (смета затрат)
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя эффективности проекта
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. Карта сегментирования рынка 2. Календарный план график проведения работ 3. Бюджет проекта	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Якимова Т.Б.	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
151Б61	Чэн Цяо		



**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
151Б61	Чэн Цяо

<b>Институт</b>	<b>ЭНИН</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ЭПЭО</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Рабочее место находится на кафедре ФМПК ТПУ в № 18 корпусе. Описание параметров рабочего места. Анализ опасных и вредных факторов, включая освещение, шумы, вибрации, состояние воздушной среды, энергобезопасность. Оценка помещения по пожарной опасности. Охрана окружающей среды.</p>
---	--

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<p><b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные</p>	<p>Оценка рабочего места на наличие вредных факторов. Действие фактора на организм человека. Приведение допустимых норм с ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ. Предлагаемые методы снижения воздействия вредных факторов. Оценка помещения по электробезопасности. Меры по защите от поражения электрическим током.</p>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Анализ возможного загрязнения</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	окружающей среды.
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	Оценка пожарной опасности помещения. План эвакуации.
<p><b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	Перечень основных нормативных актов, содержащих требования по охране труда

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОКД	Сечин А.И.	д.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б61	Чэн Цяо		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 90 страниц, 19 рисунков, 23 таблиц, 21 источника.

Ключевые слова: толщина, легкосплавные бурильные трубы, измерение, контроль качества, контроль, инструмент.

Объектом исследования являются средства контроля толщины стенки легкосплавных бурильных труб.

Цель работы – произвести обзор требований стандартов к толщине стенки легкосплавных бурильных труб, методов и средств контроля толщины стенки легкосплавных бурильных труб.

В процессе исследования проведен обзор приборов и особенностей их применения. На современном рынке имеется широкий выбор приборов и систем контроля толщины стенки легкосплавных бурильных труб. Каждый прибор имеет свои особенности в использовании. При выборе оптимального типа прибора, необходимо учитывать такие факторы, как точность и

надежность использования, критерии применения, характеристики объектов измерения и ценовой диапазон.

Степень внедрения: По результатам исследований можно составить рекомендации по изготовлению и использованию буровых штанг.

Область применения данной работы: предварительный контроль труб с помощью средств контроля толщины стенки легкосплавных бурильных труб в структурном, разведочном и эксплуатационном бурении, а также при капитальном ремонте скважин.

## Содержание

Введение.....	15
1 Требования к легкосплавным бурильным трубам.....	17
1.1 Общие положения .....	17
1.2 Сортамент .....	18
2 Методы измерения толщины стенки легкосплавных бурильных труб	24
2.1 Вихретоковый метод.....	24
2.1.1 Преимущества метода .....	24
2.1.2 Теоретические основы вихретокового метода.....	24
2.1.3 Приборы на основе вихретокового метода .....	27
2.2 Акустический метод .....	31
2.2.1 Теоретические основы акустического метода .....	31
2.2.3 Толщиномеры на основе акустического метода.....	33
2.3 Магнитный метод.....	38
2.3.1 Преимущества метода .....	38
2.3.2 Теоретические основы магнитного метода .....	38
2.3.3 Приборы на основе магнитного метода.....	40
2.4 Радиационный метод .....	42
2.4.1 Преимущества метода .....	42
2.4.2 Теоретические основы рентгеновского метода .....	42
2.4.3 Приборы на основе радиационного метода .....	45
2.5 Визуально-оптический метод .....	49
2.5.1 Преимущества метода .....	49

2.5.2 Теоретические основы визуально-оптического метода .....	49
2.5.3 Толщиномеры на основе визуально-оптического метода .....	50
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	53
Введение.....	53
3.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	54
3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	55
3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	56
3.4 Бюджет научно-технического исследования.....	58
3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	59
3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	60
3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	61
3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	64
3.4.5 Накладные расходы.....	64
3.4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта...	65
3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	66
4. Социальная ответственность.....	71
Введение.....	71
4.1.1 Производственная безопасность.....	71
4.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования.....	71

4.2.1 Пожарная опасность.....	79
4.2.2 Электробезопасность.....	81
4.3 Экологическая безопасность.....	83
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	84
4.4.1. перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	84
4.4.2. выбор наиболее типичной ЧС.....	84
4.4.3. разработка превентивных мер по предупреждению ЧС.....	85
4.4.4. разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.....	86
Выводы по разделу.....	87
Заключение.....	89
Список использованных источников.....	90

## **Введение**

Технология производства бурильных труб из алюминиевого сплава по-прежнему остается высокотехнологичной категорией для индустрии бурового оборудования. В настоящее время только несколько развитых стран в мире, таких как Россия, США, Япония и Франция, могут производить партиями.

Бурильная труба из алюминиевого сплава имеет малый вес, высокое отношение прочности к массе и коррозионную стойкость

Едкие и тд. В начале 1960-х годов на Volg o-Urals в Западной Сибири бурильные трубы успешно использовались в скважинах до

Вертикальные скважины 3000 м, направленное бурение и вращательное бурение. Начиная с 1980-х годов, бурение бурильных труб из алюминиевого сплава в U Sur На его долю приходится 75% от общего объема бурения в регионе, а также в Западной Сибири и

Район Крайнего Севера также интенсивно использовался и успешно использовался для погрузки Автомобильная буровая установка

802.5 N для бурения кластерных скважин. Это Кроме того, бурильная труба из алюминиевого сплава не имеет стояка и глубины воды 1 800 м. Под Тихим океаном, Атлантическим океаном, Норвежским морем, Черным морем, Средиземным морем, Мексикой Залив и другие районы были успешно использованы. В настоящее время бурильные трубы из алюминиевого сплава Глубокие скважины, наклонно-направленные скважины и океаны

континентального шельфа уже на российских нефтегазовых месторождениях  
Широко используется в бурении и добился хороших результатов.



## **1 Требования к легкосплавным бурильным трубам**

### **1.1 Общие положения**

Бурильные трубы служат для спуска на забой и подъема на поверхность породоразрушающего инструмента, а так же для передачи ему необходимых для разрушения пород усилий –крутящего момента при определенной частоте вращения и осевой нагрузке. Так же колонна бурильных труб является каналом для подачи на забой очистного агента. Бурильные трубы поставляются как со съемными замками, так и с приварными [2].

При проведении дальних глубоких скважинных исследований, особенно в наклонных или горизонтальных скважинах, очень важно обеспечить, чтобы бурильная колонна выдерживала высокие температуры и нагрузки.

Технико-экономические показатели бурения в основном отражаются на весе бурильной колонны и компоновке различных деталей. Это значительно усложняет выбор материала и запас прочности бурильной трубы. Исходя из особенностей вышеупомянутых бурильных штанг, буровые штанги из алюминиевого сплава являются наиболее подходящими: они изготовлены из алюминиевого сплава D16T с пределом прочности на разрыв 450 МПа, пределом текучести 330 МПа и относительным удлинением 11% [2].

В отличие от традиционных стальных материалов, используемых для изготовления бурильных труб, алюминиевые сплавы обладают высокими физико-механическими свойствами. Алюминиевый сплав в три раза ниже по весу и эластичности, чем сталь, а его сопротивление растяжению в 1,5-2 раза больше, чем у стали. При низких температурах алюминиевые сплавы могут

сохранять высокие механические свойства и обладают высокой устойчивостью к сжатию и резанию. С экономической точки зрения алюминиевые сплавы могут быть получены в больших масштабах. Стоимость производства бурильной трубы из алюминиевого сплава в основном такая же, как и у бурильной трубы из высокопрочной стали[1].

Соединение между алюминиевой трубкой и стальным замком представляет собой бурильную штангу из сплава. Надежный метод, чтобы соединиться с ГТ трапецеидальной резьбы с конической стабилизирующей полосой и внутренней упорной поверхностью. Регулируя температуру, нить может быть тесно связана с коническим ремнем с высокой стабильностью. Конический стабилизирующий ремень и фиксированный конец оснащены съемными нитками, которые могут повысить усталостную прочность на улице[1].

## 1.2 Сортамент

Согласно положениям ГОСТ 23786-79, Легкосплавные бурильные выполнены из алюминиевого сплава Д16[2].

Параметры в таблице 1.1 соответствуют меткам на рисунке 1.1.

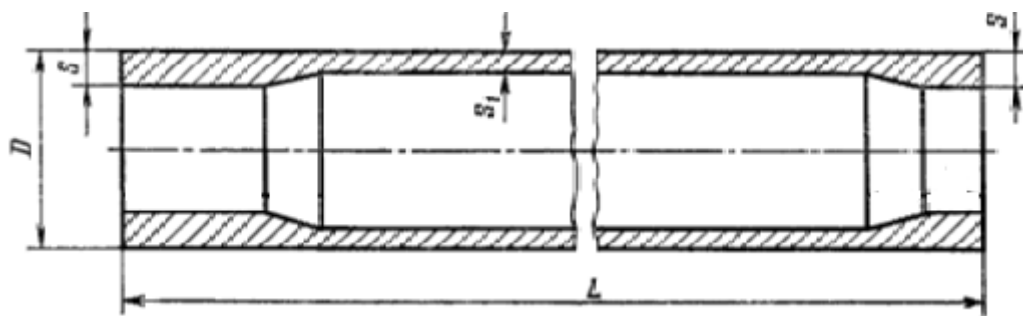


Рисунок 1.1 – Трубы с внутренними концевыми утолщениями, изготавливаемые без резьбы

Таблица 1.1 – Параметры толщины стенки труб с внутренними концевыми утолщениями, изготавливаемых без резьбы

Наружный диаметр D,мм		Толщина стенки концевого утолщения S,мм		Толщина стенки основного сечения S1,мм	Предельные отклонения по тощине стенки основного сечения, мм	
Номин	Пред. откл	Номин	Предоткл		Нормальной точности	Повышенной точности
54	± 0,6	13	± 0,3	7,5	± 0,7	± 0,4
			+1,5 -1,0	8,0	± 0,8	
64	+1,5 -0,5	16	+2,0	90	± 0,9	
73			-1,5			
90						
95	+1,5 -1,0	26	+2,5 -1,5			
103		15	+2,0 -1,0	8,0		
108		27	+2,5 -1,5		± 0,8	

Параметры в таблице 1.2 соответствуют меткам на рисунке 1.2.

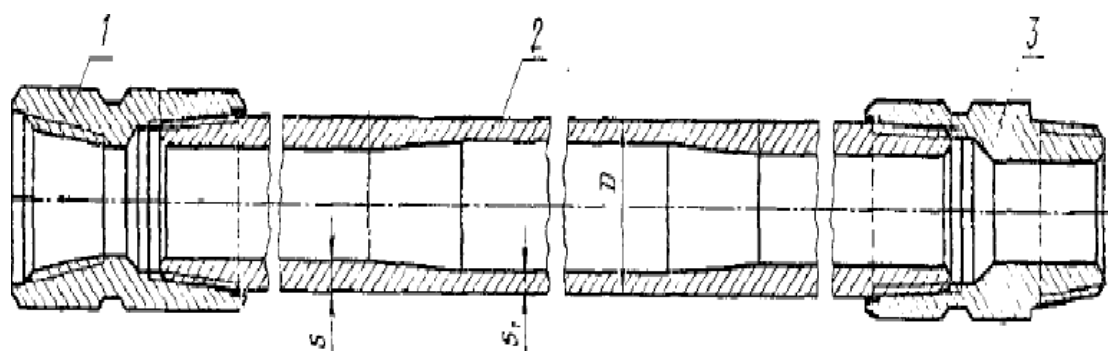


Рисунок 1.2 – Трубы с внутренними концевыми утолщениями с нарезанной правой резьбой и навинченными стальными замками: 1-муфта замка; 2-труба; 3-ниппель замка

Таблица 1.2 – Параметры толщины стенки труб с внутренними концевыми утолщениями с нарезанной правой резьбой и навинченными стальными замками

Наружный диаметр D, мм (Пред. Откл.+2,0 -1,0)	Толщина стенки концевого утолщения S, мм		Толщина стенки основного сечения S1, мм	Предельные отклонения по толщине стенки основного сечения, мм	
	Номин	Пред.откл		Нормальной точности	Повышенной точности
114	15	+2,0	10	± 1,0	± 0,5
		-1,0	9	± 0,9	± 0,4
129	17	+2,5	11	± 1,1	± 0,5
		-1,5			
147	15	+2,0	9	± 0,9	± 0,4
	17	+2,5	11	± 1,1	± 0,5

	20	-1,5	13	$\pm 1,3$	$\pm 0,5$
	22	+2,8	15	$\pm 1,5$	$\pm 0,5$
	24	-1,7	17	$\pm 1,7$	$\pm 0,5$

Параметры в таблице 1.3 соответствуют меткам на рисунке 1.3.

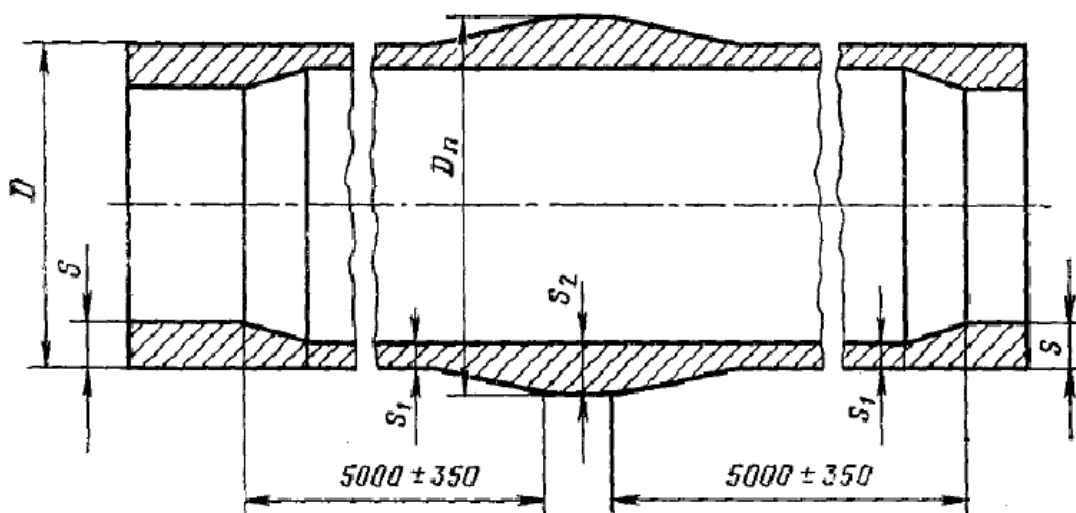


Рисунок 1.3 – Трубы с внутренними концевыми утолщениями и протекторным утолщением

Таблица 1.3 – Параметры толщины стенки труб с внутренними концевыми утолщениями и протекторным утолщением

Наружный диаметр D, мм (Пред. Откл. +2,0 -1,0)	Толщина стенки протекторного утолщения S2, мм Номин. (Пред. откл. +0,1 -0,2)	Толщина стенки концевого утолщения S, мм Номин. (Пред. откл. +2,5 -1,0)	Толщина стенки основного сечения S1, мм	Предельные отклонения по толщине стенки основного сечения, мм	
				$\pm 1,0$	$\pm 0,5$
114	20	15	10	$\pm 1,0$	$\pm 0,5$
129	21,5				

147	23,5	17	11	± 1,1	± 0,5
170	24,5				
170	16,5		13	± 1,3	± 0,5

При измерении толщины стенки трубы, стенка трубы должна быть чистой и свободной от трещин, расслоения, коррозии и т. Д[2].

Согласно таблице 1.1 толщина S1 основной трубы составляет максимум 9 мм и минимум 7,5 мм. Максимальная толщина конца составляет 27 мм, а минимальная - 13 мм. Точность высокоточной толщины стенки трубы составляет ± 0,4 мм. Обычно это ± 0,7 мм до ± 0,8 мм[2].

Согласно таблице 1.2 толщина S1 основной трубы составляет максимум 17 мм и минимум 9 мм. Максимальная толщина конца составляет 24 мм, а минимальная - 15 мм. Точность высокоточной толщины стенки трубы составляет ± 0,4 мм до ± 0,5 мм. Обычно это ± 0,9 мм до ± 1,7 мм[2].

Согласно таблице 1.3 толщина S1 основной трубы составляет максимум 13 мм и минимум 10 мм. Максимальная толщина конца составляет 17 мм, а минимальная - 15 мм. и максимальная толщина стенки протекторного утолщения S2 26,5 мм, и минимальную 20 мм.[2].

Номинальная длина труб без протекторного утолщения должна быть:

- 4,5 м при наружном диаметре трубы 54 мм ;
- 5,3 м при наружном диаметре трубы 64 мм ;
- 9,0 м при наружном диаметре трубы св.64 до 110 мм ;
- 12,0 м при наружном диаметре трубы св.110 мм.

Когда бурильная труба снабжена утолщенным слоем протектора, ее длина зависит от наружного диаметра, который обычно составляет 12 метров.

Погрешность длины трубки составляет +150, -350 мм. Количество не может превышать 5% от общего объема производства.

## **2. Методы измерения толщины стенки легкосплавных бурильных труб**

### **2.1 Вихретоковый метод**

Вихретоковый контроль - это метод неразрушающего контроля, основанный на принципе электромагнитной индукции, который подходит для проводящих материалов. , Когда блок вводится в индукцию сшитого изменения, в направляющей создается вихревой ток, то есть генерируется вихревой ток. Изменения в различных коэффициентах самого проводника (такие как электропроводность, магнитная проницаемость, форма, размер и дефекты и т. Д.) Будут вызывать изменения вихревых токов. Это явление используется для измерения состояния проводников и методов определения состояния, таких как обнаружение вихревых токов.

#### **2.1.1 Преимущества метода**

- 1) контроль можно проводить без контакта преобразователя и объекта;
- 2) Обладает высокой чувствительностью к дефектам на металлической поверхности или измеряемой площади;
- 3) не нуждается в использовании контактной жидкости.

#### **2.1.2 Теоретические основы вихретоковых методов**

Вихретоковый метод основан на анализе взаимодействия между внешним магнитным полем и измеряемым объектом в вихретоковом магнитном поле.

На катушке трансформатора имеется вихревое электромагнитное поле, в котором может создаваться ЭДС или ее сопротивление. В зависимости от



напряжения и сопротивления на катушке может быть получена информация о положении преобразователя на измеряемом объекте. Самая большая особенность вихретокового метода заключается в том, что измеряемый объект и измерительный прибор не могут контактировать, и даже если измеряемый объект движется с высокой скоростью, этот метод также может измерять измеряемый объект[3].

При измерении толщины стенки металлической трубки магнитное поле, создаваемое в соленоиде, является однородным, направление вдоль цилиндра, а радиус равен  $R_1$ . Из-за взаимодействия таких каналов ферромагнитный цилиндр можно рассматривать как железный сердечник, что усиливает магнитное поле.

По сравнению с вихревым взаимодействием, упомянутым ранее, амплитуда  $U^*$  вн больше.

Годографы от изменения обобщенного параметра  $\beta_2 = R_2 \sqrt{\omega \sigma \mu}$  для различных значений относительной магнитной проницаемости материала  $\mu_r$  и радиуса измерительной обмотки показаны сплошными линиями, а годографы от изменения магнитной проницаемости и радиуса цилиндра – пунктирными. При увеличении обобщенного параметра  $\beta_2 = R_2 \sqrt{\omega \sigma \mu}$  наблюдается монотонное уменьшение до нуля, как амплитуды, так и фазы  $U_{вн}$  [3].

Когда  $R_1 = R_2$ , то есть когда  $\beta_2 = 0$ , амплитуда  $U_m^* = \mu_r$  и максимальное значение. При уменьшении проницаемости амплитуда  $U^*$  вн также уменьшается больше всего. Толщина может быть рассчитана путем постоянного измерения радиуса намотки и уменьшенного радиуса.

Потому что вихрековый метод позволяет измерять радиус цилиндра и бесконтактное измерение. Этот метод использует электропроводность и магнитную проницаемость материала. [3].

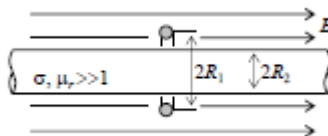
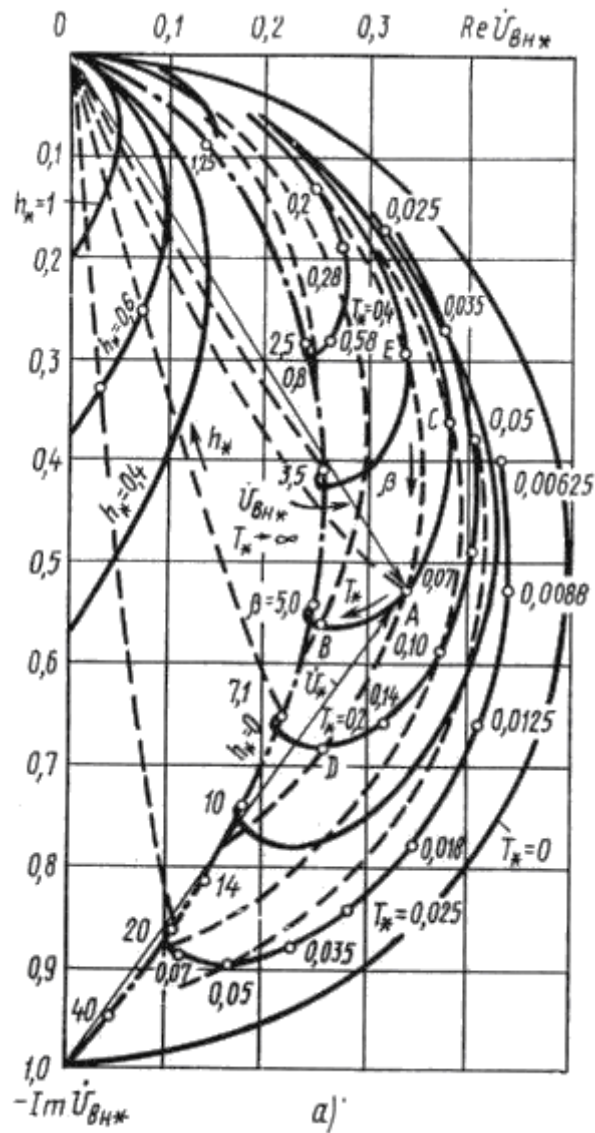


Рисунок 2.1 – Годографы относительного вносимого напряжения

вихретокового преобразователя над электропроводящей поверхностью:

$$\eta = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2 \quad (2.1)$$

$$\beta = \sqrt{\omega\sigma\mu_0} \quad (2.2)$$

$$d = R_1 - R_2 \quad (2.3)$$

Где d-Толщина измеряемого объекта

### 2.1.3 Приборы на основе вихретокового метода

Вихретоковый толщиномер ВТ-15.01 предназначен для измерения толщины стенки легкосплавных бурильных труб сплавов ТБ и ТБП в случае ручной проверки. Согласно положениям ГОСТ 23786-79, Легкосплавные бурильные выполнены из алюминиевого сплава Д16[4].

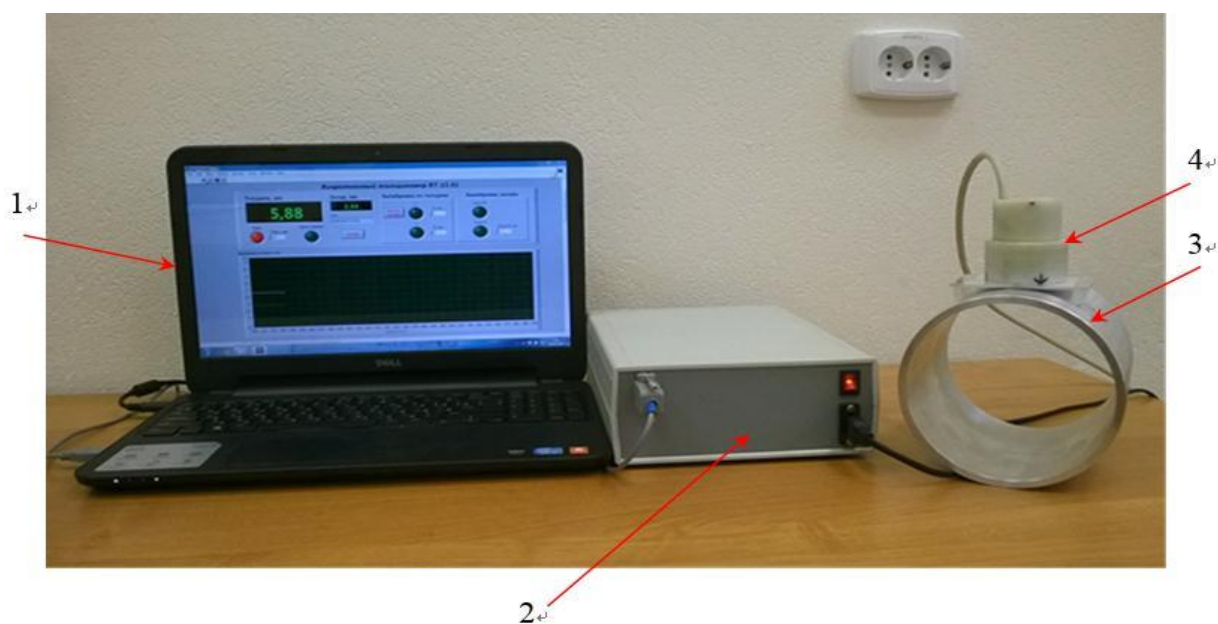


Рисунок 2.2 – Расположение блоков вихретокового толщиномера ВТ- 15.01: 1 – ноутбук, 2 – блок электроники, 3 – контролируемая труба, 4 – вихретоковый преобразователь

Таблица 2.1 – Технические характеристики толщиномера ВТ-15.01

<b>Технические характеристики</b>	
Диапазон измеряемых толщин стенок труб, мм	6-15
Внешний номинальный диаметр контролируемых ЛБТ, мм	147
Номинальный зазор между поверхностью трубы и вихретоковым преобразователем (ВТП) , мм	3-12
Основная абсолютная погрешность измерения толщины стенки труб при номинальном зазоре и отклонении электропроводности материала трубы от номинального значения не более чем на $\pm 10\%$	в диапазоне от 6 до 9 мм : не более $\pm 0.2$ мм в диапазоне от 9 до 15 мм : не более $\pm 0.5$ мм
Диапазон рабочих температур, °С	5-40

Таблица 2.2 – Технические характеристики толщиномера

<b>Технические характеристики</b>			
Модель	Цена, USD	Дискретность показаний	Диапазон измеряемых толщин, мм
ТМ-4	539	1, 0.1, 0.01 или 0.001 задается при программировании шкалы	2-15 мм  (с преобразователями M215, H215)
ТМ-4Т	573	1, 0.1, 0.01 задается при программировании шкалы	до 27 мм или до 60 мм  (в зависимости от модификации)

Вихретоковый толщиномер состоит из двухчастотного генератора, схемы обработки сигналов САФОС, блока питания, вихретокового

преобразователя ВТП, платы сбора данных и персонального компьютера. Двухчастотное выходное напряжение 125 и 2000 Гц подается на обмотку возбуждения вихретокового преобразователя ВТП. Начальное напряжение измерения обмотки вихретокового преобразователя тока компенсируется. Полученные напряжения  $U_1$  и  $U_2$  отправляются САФОС, опорный вход канала низкой частоты соединен с опорным резистором, а высокий частотный канал подключен к компенсации обмотки.[4].

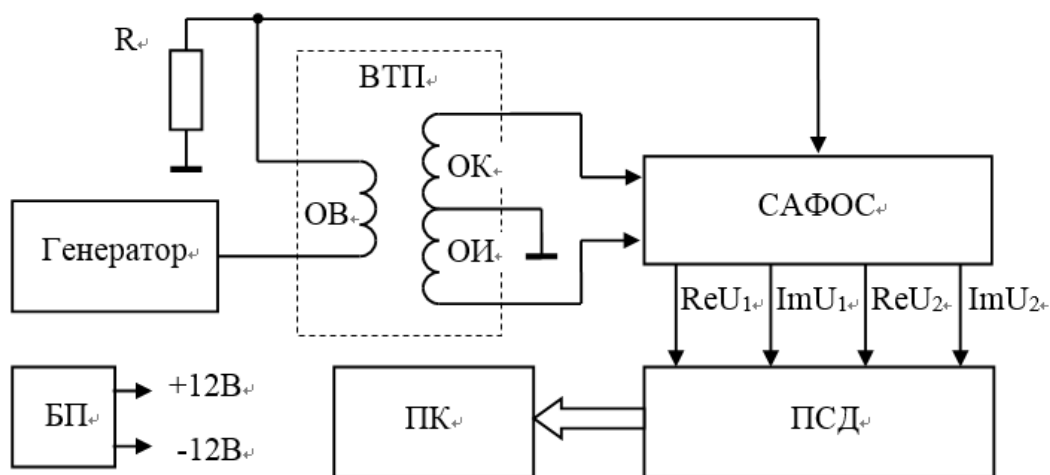


Рисунок 2.3 – Структурная схема толщиномера ВТ-15.01

Плата сбора данных получает сигнал от САФОС. На плате сбора данных используется модуль USB3000. Для подключения модуля USB3000 к компьютеру ПК необходимо соединить разъем USB модуля с любым свободным USB-портом компьютера, при этом на компьютере должна быть установлена операционная система Windows XP/7 [4].

Структурная схема амплитудно-фазовой обработки сигналов САФОС изображена на рисунке 2.4. Схема состоит из двух измерительных каналов и вычитающего устройства, на входы которого поступают сигналы с

компенсирующей ОК и измерительной ОИ обмоток ВТП. На выходе вычитающего устройства формируются два вносимых напряжения с частотами 125 и 2000 Гц [4].

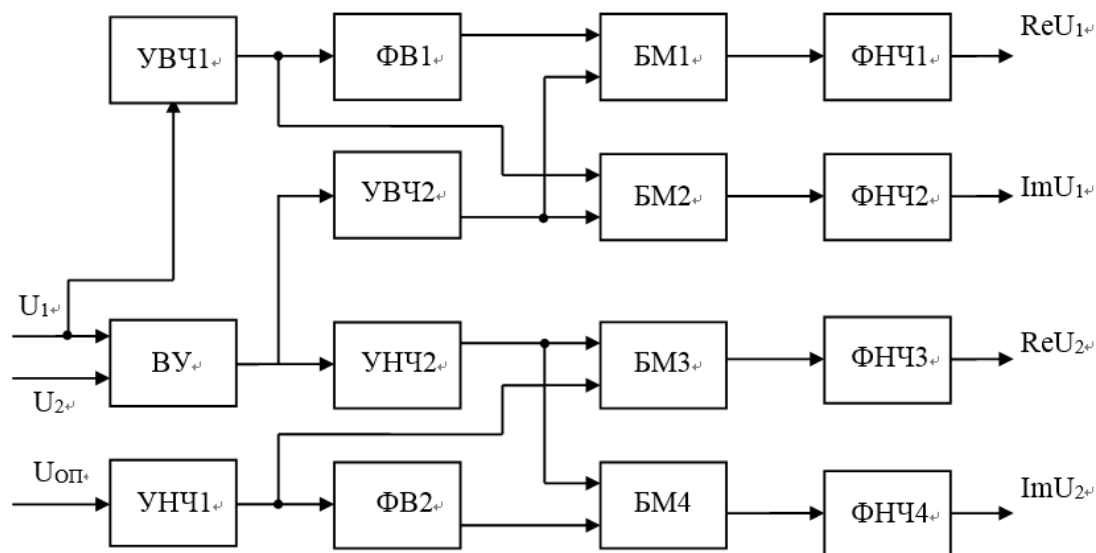


Рисунок 2.4 – Структурная схема САФОС: УВЧ – усилитель высокой частоты; ВУ – вычитающее устройство; БМ – балансный модулятор; УНЧ – усилители низкой частоты; ФВ – фазовращатель

При отсутствии объекта контроля напряжение на выходе ВУ практически равно нулю. Каналы отличаются рабочими частотами. В каждом канале двухкаскадными избирательными усилителями УВЧ2 и УНЧ2 выделяется соответствующее вносимое напряжение, которое поступает на сигнальные входы амплитудно-фазовых детекторов, в качестве которых использованы балансные модуляторы AD630 [4].

В низкочастотном канале опорное напряжение берется с опорного резистора, включенного последовательно с возбуждающей обмоткой ВТП. В высокочастотном канале опорное напряжение берется с компенсирующей обмотки ВТП. На выходах избирательных усилителей УВЧ1 и УНЧ1

выделяются соответствующие опорные напряжения, которые поступают на управляющие входы балансных модуляторов БМ1 и БМ4 непосредственно, а на управляющие входы БМ2 и БМ3 через фазовращатели ФВ1 и ФВ2, которые обеспечивают фазовый сдвиг 90 градусов. Выпрямленные выходные напряжения балансных модуляторов фильтруются схемами ФНЧ, на выходах которых формируются действительная  $Re$  и мнимая  $Im$  составляющие вносимых напряжений  $U1$  и  $U2$  [4].

## **2.2 Акустический метод**

### **2.2.1 Теоретические основы акустического метода**

Акустический метод обладает преимуществами очень высокой скорости и точности измерения толщины металла или неметалла и очень точен.

Согласно принципу измерения толщины физическими методами, акустические толщиномеры имеют два типа эхо-импульса и резонанса. Ультразвуковой толщиномер, разработанный с помощью импульса, предназначен для регистрации времени звуковых волн в измеряемом объекте, а затем вычисляет скорость звука через свойства и коэффициенты этого объекта для расчета толщины.

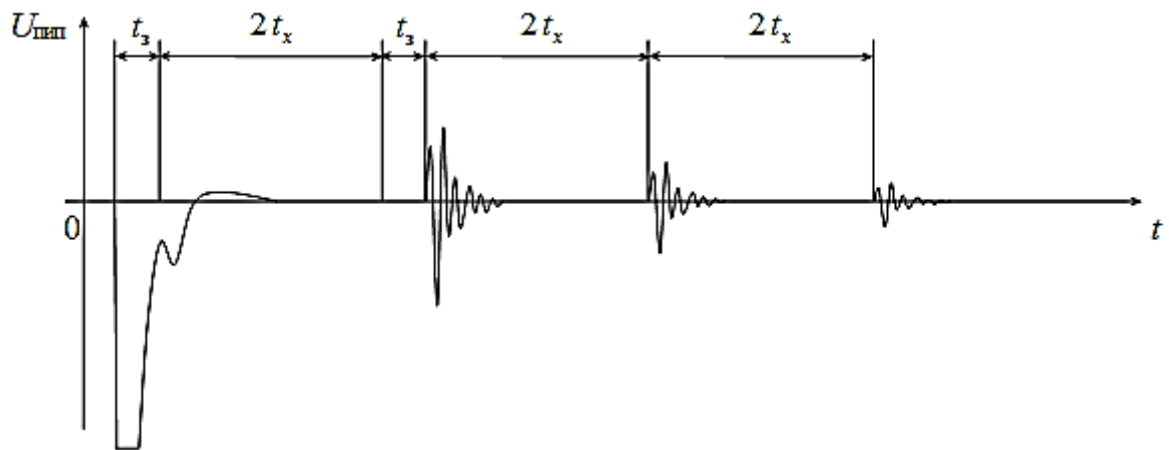


Рисунок 2.5 – Вид сигнала на осциллографе

Временной интервал  $t_1$  измеряется между передними фронтами импульса генератора и первого отраженного импульса:

$$t_1 = 2t_з + 2t_x \quad (2.4)$$

Где  $t_x$  -Время распространения импульса между измеряемыми поверхностями объекта,  $t_з$  -Время прохождения импульса через элемент преобразователя.

Временной интервал  $t_2$  измеряется между соседними импульсами:

$$t_2 = 2t_x \quad (2.5)$$

Когда коэффициент затухания измеряемого объекта велик, разрешение отраженного импульса плохое, тогда записывают  $t_1$  и  $t_з$ , получают  $t_x$ :

$$t_x = 0.5(t_1 - 2t_з) \quad (2.6)$$

$$d = vt_x \quad (2.7)$$

Где d-Толщина измеряемого объекта. v-Скорость ультразвуковых волн в измеряемом объекте.  $t_x$ -измерения времени.



В резонансном толщиномере толщина измеряется с помощью явления интерференции звуковых волн в объекте и с использованием локального или свободного резонанса.

При использовании резонансного метода толщина может быть измерена от минимального значения  $h_{\min} = 0,5c / f_{\max}$ ,  $c$  - скорость звука в измеряемом объекте,  $f_{\max}$  - максимальная частота толщиномера.

Когда частота составляет 30 МГц, соответствующая измеренная толщина составляет 0,1 мм. Эхо-метод не может выполнить такие измерения толщины. Самым большим преимуществом резонансного метода является то, что он может непрерывно измерять трубы диаметром 3-4 мм или больше. Погрешность в это время составляет 1-2%. Чистая и гладкая поверхность измеряемого объекта является условием, необходимым для резонансного метода. Результатом этого метода является среднее значение, а не минимальное значение или максимальное значение, и толщина измеряемого объекта не может изменяться более чем на 8%. Эти функции определяют, что при погруженном автоматическом контроле толщины тонкостенных труб малого диаметра в основном используется резонансный толщиномер в области измерения толщины. Результаты измерения толщиномера ультразвукового эха очень точные, более 0,5 мм, а прибор прост в использовании и компактен по конструкции.

### **2.2.3 Толщиномеры на основе акустического метода**

Ультразвуковой толщиномер А1210 (рисунок 2.5) в основном используется для измерения толщины стенок труб, контейнеров или других

черных и цветных металлов, независимо от того, является ли поверхность гладкой или шероховатой и устойчивой к коррозии, пластмассовые изделия и материалы с возможностью ослабления ультразвуковых волн могут проникать на поверхность этих объектов с одной стороны.

Ультразвуковые толщиномеры широко используются. Во время использования на измеряемый объект должна быть нанесена специальная контактная жидкости т.д.



Рисунок 2.5 – Ультразвуковой толщиномер A1210

Принцип работы толщиномера эхо-импульсов заключается в том, что ультразвуковые волны, генерируемые во время измерения, проникают в объект с поверхности измеряемого объекта, а затем возвращаются с другой стороны, регистрируют время прохождения через объект дважды, а затем преобразуют его в толщину. С помощью ультразвукового преобразователя может быть

получено отражение ультразвукового импульса, генерируемого в изделие. Преобразователь следует устанавливать в том месте, где необходимо измерять толщину во время измерения. Ультразвуковые преобразователи могут излучать излучение направленным образом и получение ультразвука. Следовательно, толщина этой области под ультразвуковым преобразователем может быть определена напрямую. Если продукт и преобразователь имеют полости впереди, толщина определяется как кратчайшее расстояние от внешней поверхности до этих полостей.

Таблица 2.3 – Технические характеристики ультразвуковых толщиномеров

Модель	Цена, USD	Погрешность измерений, мм	Диапазон измеряемых толщин.мм
Производство: Time Group Inc. (Китай)			
Толщиномер ультразвуковой TT130	288	$\pm (1\% + 0.1)$	1.2-225
Толщиномер ультразвуковой TT100	549	$\pm (1\% + 0.1)$	1.2-225
Ультразвуковой толщиномер TT150	778	$\pm (1\% + 0.1)$	0,8-225
Толщиномер ультразвуковой TT300	944	$\pm (1\% + 0.1)$	1.2-225
Ультразвуковой толщиномер TT700	981	$\pm (1\% + 0.1)$	0,15-20
Ультразвуковой толщиномер TT320	1399	$\pm (1\% + 0.1)$	1.2-225
Ультразвуковой толщиномер TT340	1500	$\pm (1\% + 0.1)$	1,2-225
Производство: Мегеон (Россия)			
Толщиномер Мегеон 19100	201	$\pm (1\% + 0,1)$	1-225
Толщиномер Мегеон 19130	304	$\pm (1\% + 0,1)$	1-300
Производство: Olympus NDT (США)			

Толщиномер ультразвуковой 27MG	461	±1%	0,50-635
Ультразвуковой толщиномер 45MG	3100	±0,01%	1-254
Ультразвуковой толщиномер 38DL Plus	6302	±1%	1-254
Производство: АКС (Россия)			
Ультразвуковой толщиномер А1207	411	± (0,5% + 0.1)	0,8-30
Ультразвуковой толщиномер А1208	1300	от 0,7 до 3,0: ±(1%+0,1)  от 3 до 100: ±(1%+0,05)  от 100 до 300: ± (1%+0,1)	0,7-300
Ультразвуковой толщиномер А1210	1599		0,7-300
Ультразвуковой толщиномер А1209	1602		0,7-300
Ультразвуковой толщиномер А1250	2298		2-10
Ультразвуковой толщиномер А1270 (ЭМА)	2912	± (1%+0,1)	0,5-50
Производство: Константа (Россия)			
Ультразвуковой толщиномер Булат 1	631	±(0,2%+0,03)	0,5-300
Ультразвуковой толщиномер Булат 5уп	670	±(0,2%+0,03)	0,4-300
Ультразвуковой толщиномер Булат 1S	711	±(0,5%+0,05)	0,4-300
Ультразвуковой толщиномер Булат 2	804	±(0,1%+0,05)	0,6-200
Производство: НПП Технотест (Россия)			
Ультразвуковой толщиномер ТЭМУ-УТ1	478	±5%	0,5-300
Ультразвуковой толщиномер УТ3-2	654	±1%	0,6-300
Ультразвуковой толщиномер УТ-111	789	±(0,5%+0,1)	0,6-300
Ультразвуковой толщиномер ТЭМУ-УТ2	1103	±5%	0,8-200

Производство: НИИ Интроскопии (Россия)			
Ультразвуковой толщиномер ТАУ 332	443	$\pm 0,1\%$	1-199,9
Ультразвуковой толщиномер ТАУ 538	481	$\pm 0,1\%$	1-199,9
Ультразвуковой толщиномер ТАУ 326	490	$\pm 0,1\%$	1-199,9
Толщиномер ТАУ 538 Audio	523	$\pm 0,1\%$	1-199,9
Ультразвуковой толщиномер ТАУ 410	1144	$\pm 0,1\%$	1-1999,9

Факторы, влияющие на значения измерений акустическими толщиномерами:

1) Если поверхность измеряемого объекта слишком грубая, это ослабит эхо. Обработка сглаживанием поверхности может уменьшить шероховатость поверхности, но после этих обработок оксидный слой и защитный слой также удаляются.

2) Иногда, поскольку труба тонкая, это может вызвать зазор между зондом и поверхностью. Решение состоит в том, чтобы прикрепить небольшой зонд с максимальным диаметром 6 мм.

3) Если поверхность измеряемого объекта имеет неровности или крупные зерна, ультразвуковые волны будут ослабляться или рассеиваться, поэтому рекомендуется использовать низкочастотное измерение.

4) При измерении, чтобы предотвратить повреждение датчика при контакте, датчик можно защитить с помощью акриловой смолы, но поверхность станет шероховатой и излишней, что приведет к ослаблению ультразвуковой волны.

5) Если поверхность измеряемого объекта в основном

корродирована, это ослабит звуковую волну и приведет к неточным результатам измерений.

б) В твердых телах скорость звука уменьшается с ростом температуры, а при нагревании до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  скорость звука уменьшается на 1%.

## **2.3 Магнитный метод**

### **2.3.1 Преимущества метода**

- приборы очень просты в применении и дешевы;
- не требуют источника питания.

### **2.3.2 Теоретические основы магнитного метода**

Эффект Холла представляет собой тип электромагнитного эффекта.

Когда ток проходит через полупроводник, перпендикулярный внешнему магнитному полю, носители отклоняются. Дополнительное электрическое поле генерируется перпендикулярно направлению тока и магнитного поля, что вызывает разность потенциалов между двумя концами полупроводника.

Феномен Холла - это разность потенциалов, также называемая разностью потенциалов Холла. Эффект Холла оценивается с использованием правила левой руки.

Приложение магнитного поля, перпендикулярного направлению тока, на полупроводнике приведет к тому, что электроны и дырки в полупроводнике будут сконцентрированы в разных направлениях силами Лоренца в разных направлениях, и будет создано электрическое поле между собранными электронами и дырками. После того, как сила уравновешена силой Лоренца,

она больше не сходится. В это время электрическое поле вызовет воздействие на электрическое поле последующих электронов и дырок и уравновесит силу Лоренца, создаваемую магнитным полем, так что последующий электрон и пространство Дыра может проходить плавно, без смещения, это явление называется эффектом Холла. Встроенное напряжение называется напряжением Холла.

Поэтому под действием магнитной силы Лорен положительные и отрицательные заряды прикрепляются к двум концам проводника соответственно. Когда электрический заряд  $E_1$  достигает электрического поля и не может быть сбалансирован магнитной силой Лорен, он может быть получен:

$$F = evB = eE_1 \quad (2.8)$$

Согласно формуле плотности тока  $j = nev$  мы получаем что:

$$v = \frac{j}{ne} \quad (2.9)$$

Где  $n$  — концентрация носителей заряда.

Согласно формуле (2.8):

$$E_1 = \frac{1}{ne} \cdot jB \quad (3.0)$$

Следовательно, коэффициент отношения  $E_1$  и  $jB$  определяется как коэффициент Холла  $R_H$ . Знак носителя заряда определяет знак коэффициента Холла. Это может определить тип металла..в сильных полях наблюдается положительный знак, что объясняется в полуклассической и квантовой теориях твёрдого тела.

### 2.3.3 Приборы на основе магнитного метода

Толщиномер MiniTest FH7200 с эффектом Холла представляет собой портативный измеритель толщины, который может точно измерять материалы толщиной до 10 мм. Его небольшой портативный форм-фактор позволяет эксплуатировать его на месте и в лаборатории. MiniTest FH7200 может выполнять простое, неразрушающее, высокоточное измерение толщины на различных немагнитных материалах, независимо от их размера, формы и материала. Это также идеальный измерительный инструмент для острых углов, небольших радиусов и сложных форм.



Рисунок 2.7 – Толщиномер на основе эффекта Холла MiniTest FH7200



Рисунок 2.8 – Толщиномер на основе эффекта Холла MiniTest FH7400



Таблица 2.4 – Технические характеристики магнитных толщиномеров MiniTest FH7400

Технические характеристики		
	Диапазон измерения	Погрешность измерения
Датчик FH 4	0...1.5мм с 1.5мм шариком	0...1.5 мм: ± (3 мкм + 1% показаний)
	0...2.5мм с 2.5мм шариком	0...2.5 мм: ± (5 мкм + 1% показаний)
	0...4.0 мм с 4.0мм шариком	0...4.0мм: ± (10мкм + 1% показаний)
Датчик FH10	0...2.5мм с 2.5 мм шариком	0...2.5 мм: ± (5 мкм + 1% показаний)
	0...4.0 мм с 4.0мм шариком	0...4.0 мм: ± (10мкм + 1% показаний)
	0...10мм с 6.0мм шариком	0...6.0 мм: ± (20 мкм + 1% показаний), 6.0...10.0 мм: ± (1.5% показаний)
	0...10.мм с 9.0 мм шариком	0...10.0 мм: ± (20 мкм + 1% опоказаний)
Начальная чувствительность	0.1 мкм (FH 4) / 0.2 мкм (FH10)	
Воспроизводимость	Лучше чем ± (1 мкм + 0.5 % показаний)	
Принцип измерения	Магнитостатический	
Норма записи данных	1, 2, 5, 10, 20 показаний в секунду (выборочно)	
Память	240,000 значений (огранич. до 100,000 знач. на MiniTest 7200 FH)	
Статистика	Числовая, усреднённая и гистограммы (только с MiniTest 7400 FH )	

Таблица 2.5 – Технические характеристики магнитных толщиномеров

Модель	Цена,USD	Погрешность измерений, мм	Диапазон измеряемых толщин,мм
Olympus NDT Magna Mike 8600	5301	± (1%Н + 0.1)	0.001-25.4
Olympus NDT Magna Mike 8500	5342	± (1%Н + 0.1)	0.001-0.79

## **2.4 Радиационный метод**

### **2.4.1 Преимущества метода**

Радиационный метод основан на анализе взаимодействия ионизирующего излучения с измеряемым объектом.

Этот метод может измерять не только магнитные материалы, но и немагнитные материалы, но также обеспечивает высокую точность и высокую скорость. Самая большая особенность При использовании этого метода для измерения толщины устройство не должно касаться поверхности измеряемого объекта. Его конфигурация гибкая, с простым обслуживанием и высокой производительностью.

### **2.4.2 Теоретические основы рентгеновского метода**

Радиационные методы в основном делятся на две категории, а именно тип ионизирующего излучения и тип детектора ионизационных исследований.

Ионизация - это исследование генерации электрических зарядов с окружающей средой. Из-за необходимости сильного проникновения для измерения излучения используются фотоны или нейтроны.

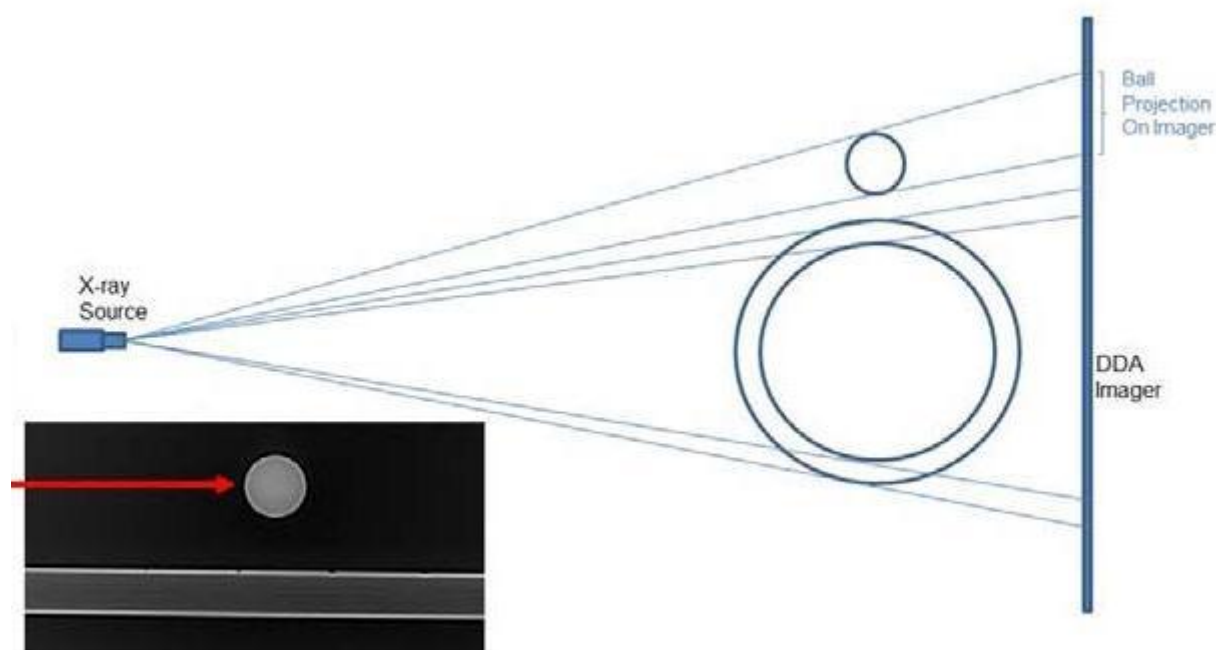
Рентгеновские лучи в настоящее время наиболее широко используются. Его длина волны составляет  $6 \cdot 10^{-13} \dots 1 \cdot 10^{-9}$  м. Рентген имеет те же характеристики, что и видимый свет. Из-за своей короткой длины волны он обладает сильной проникающей способностью и может проникать в толстые объекты. Во время измерения интенсивность рентгеновского излучения будет

уменьшаться при взаимодействии с измеряемым объектом. Во время измерения рентгеновское излучение может достичь большей чувствительности.

Рентгеновское излучение необходимо принимать в рентгеновской трубке. Под высоким напряжением электроны испускаются от нагретого катода в закрытом контейнере, чтобы набрать скорость и войти в анод. В аноде кинетическая энергия электрона уменьшается, и энергия высвобождается в форме фотонов с различными длинами волн, среди которых есть рентгеновские лучи. Чем больше ускоряющее напряжение, тем больше проникающая способность полученных фотонов.

Устройство генерации рентгеновского излучения является полностью автоматическим, поэтому оно не требует чрезмерного участия персонала.

Принцип измерения толщины радиационным методом:



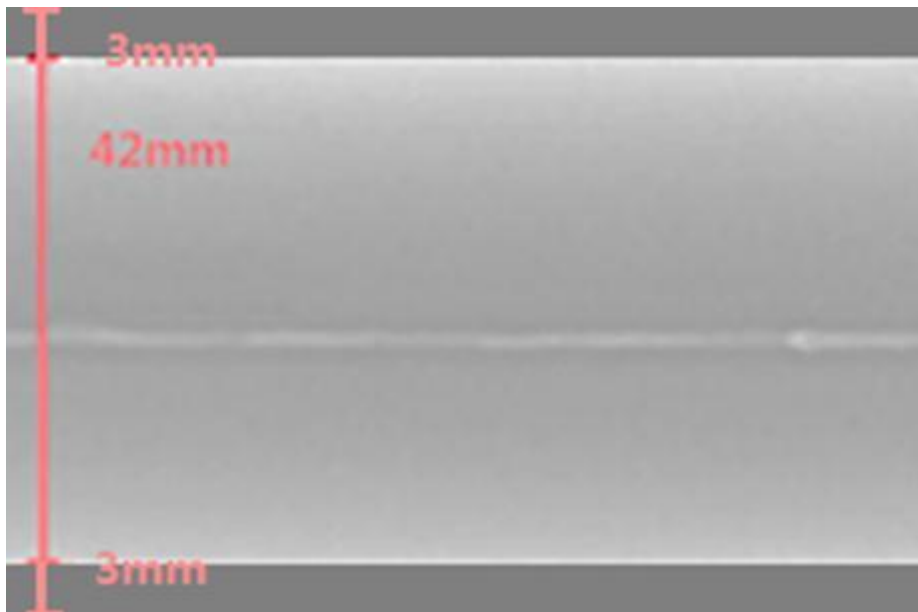


Рисунок 2.10 – Рентгеновская фотография трубы и принцип измерения

ТОЛЩИНЫ

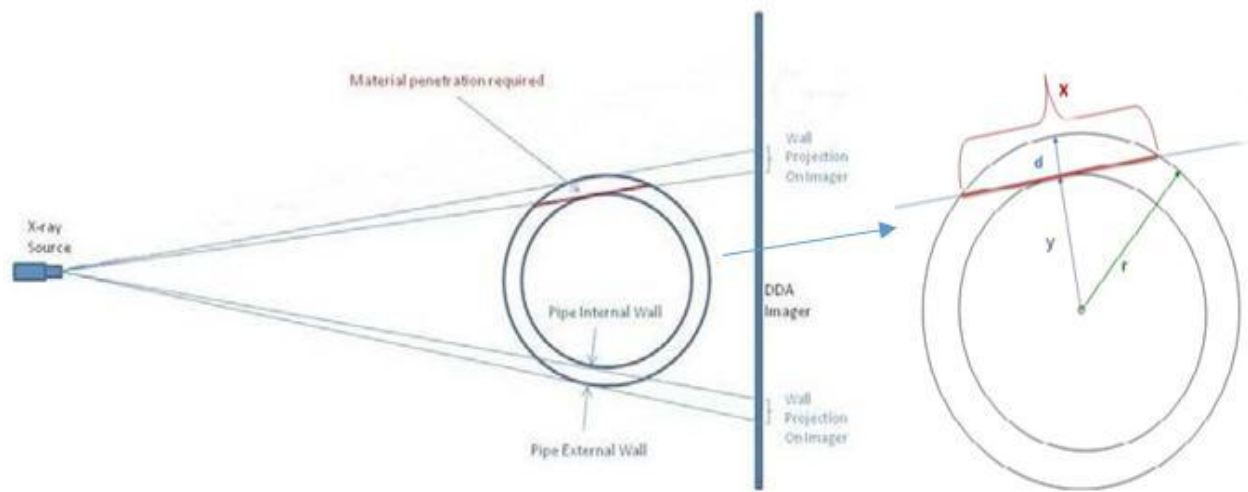


Рисунок 2.11 – Принцип измерения толщины рентгеновским методом

$$x = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot r \cdot y - y^2} \quad (3.0)$$

$$y = r - d \quad (3.1)$$

Где  $x$  – длина пробития ;  $r$  – внешний радиус трубы ;  $d$  – толщина стенки

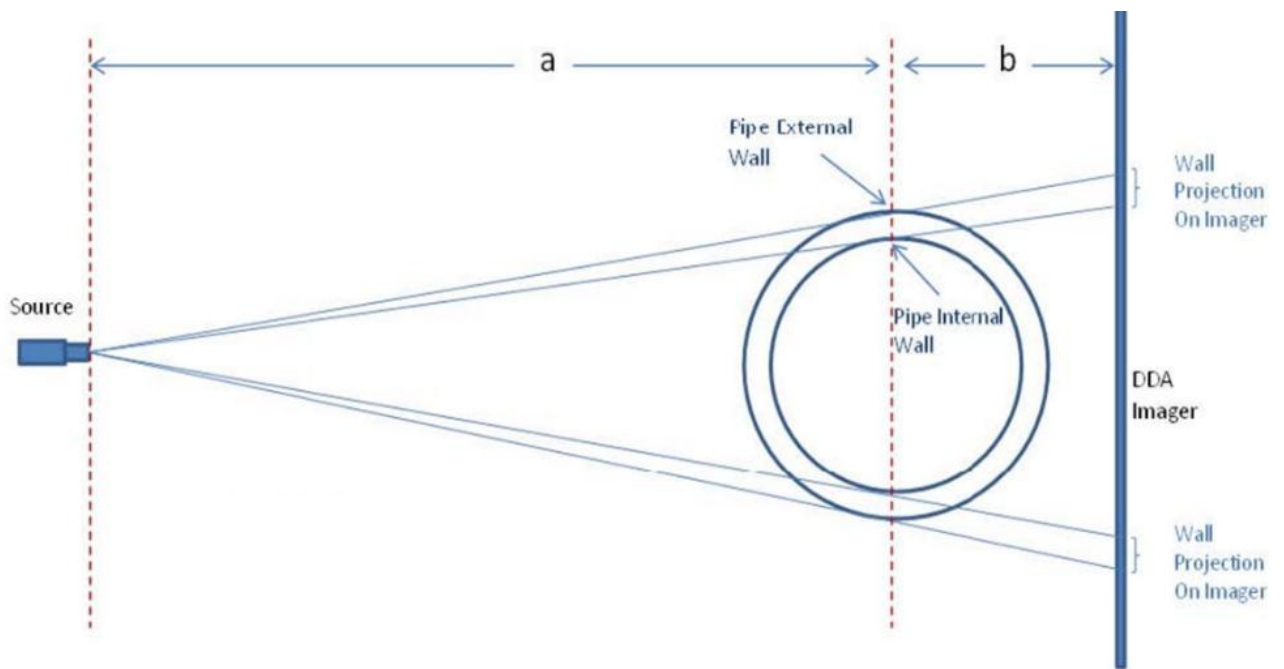


Рисунок 2.12 – Принцип увеличения масштаба

$$M = \frac{a + b}{a} \quad (3.2)$$

Где  $M$  – увеличение;  $a$  – расстояние от источника до объекта ;  $b$  – расстояние от объекта до детектора

Устройство имеет удобный и интуитивно понятный интерфейс управления. Рентгеновское устройство аварийного контроля этого прибора может облегчить блок управления при использовании Аппараты HAND-X, Это может упростить работу оператора.

### 2.4.3 Приборы на основе радиационного метода

Портативный рентгеновский аппарат - это небольшой (микро) рентгеновский аппарат, который можно использовать для визуализации в перспективе по рентгеновскому принципу. Портативный рентгеновский аппарат состоит в основном из рентгеновской трубки, источника питания и цепи управления. Рентгеновская трубка состоит из катодной нити (Cathod) и анодной мишени (Anode) и вакуумной стеклянной трубки. Катод формирует высокоскоростной поток электронов. Высокоскоростной поток электронов проникает в объект и обрабатывается портативным рентгеновским аппаратом для создания перспективного изображения.

Когда питание включено и нажата кнопка запуска, вся машина начинает работать. Импульсный сигнал, посылаемый главным контроллером, усиливается и удваивается для создания высокого напряжения на аноде рентгеновской трубки. Так же импульсный сигнал от основного регулятора П усиливается на нить накала рентгеновской трубки, так что рентгеновская трубка генерирует рентгеновские лучи. На панели дисплея отображается соответствующее значение KV /  $\mu$ A. В это время измеряемый объект помещается между источником рентгеновского излучения и усилителем изображения, и экран дисплея усилителя изображения отображает четкое изображение объекта, который должен просматриваться. Для обеспечения стабильной и надежной работы прибора в системе используется технология регулировки ширины импульса для поддержания постоянного тока трубки и напряжения трубки, а рентгеновская трубка работает в лучшем состоянии. И имеет функцию

медленного пуска под высоким давлением, так что анод рентгеновской трубки не имеет перепада давления высокого давления. Основной контроллер использует миниатюрные SMD-устройства и работает на частоте 20 кГц, что значительно повышает эффективность всей системы, устраняет шум, обеспечивает тихую среду для оператора, а также уменьшает размер. Источник питания флюороскопа имеет высокочастотный импульсный источник питания и имеет комплексные меры защиты. Чтобы обеспечить безопасность флюороскопа, ко всей машине добавляются различные защитные устройства, чтобы сделать ее безопасной и надежной.



Рисунок 2.9 – Импульсный рентгеновский аппарат АРИНА-7

Таблица 2.6 – Технические характеристики рентгеновского аппарата  
АРИНА-7[5]

Технические характеристики	
Рабочее напряжение на рентгеновской трубке, кВ	250
Экспозиционная доза рентгеновского излучения на расстоянии $(500 \pm 20)$ мм от торца рентгеновского блока в прямом пучке за 1,5 мин (не менее), мкКл/кг (мР)	258,7 (1000)
Толщина стали, доступная для рентгенографирования с помощью рентгеновских пленок с флуоресцентными усиливающими экранами, мм	до 80
Толщина стали, доступная для рентгенографирования с помощью высококонтрастных рентгеновских пленок, мм	до 40
Диаметр фокусного пятна, мм	2,5
Потребляемая мощность, Вт, не более	250

Таблица 2.7 – Технические характеристики рентгеновского аппарата  
АРИНА-9[6]

Технические характеристики
----------------------------



Толщина стали, доступная для рентгенографирования с помощью рентгеновских пленок с флуоресцентными усиливающими экранами, мм	до 85
Толщина стали, доступная для рентгенографирования с помощью высококонтрастных рентгеновских пленок, мм	до 45
Диаметр фокусного пятна, мм	2,5
Потребляемая мощность, Вт, не более	300

## **2.5 Визуально-оптический метод**

### **2.5.1 Преимущества метода**

Визуально-оптический контроль является относительно экономичными и простыми методами определения толщины. Самым большим преимуществом этого метода является его простота в эксплуатации и простая структура оборудования.

Этот метод также является единственным, который может выполнять неразрушающее измерение толщины без какого-либо оборудования.

### **2.5.2 Теоретические основы визуально-оптического метода**

Оптика - основа визуально-оптического метода.

1. Закон независимости световых лучей. Независимость источника света обусловлена тем фактом, что даже при наличии помехи между источниками света это не повлияет на их соответствующие радиопередачи. Обратите внимание, что только когда интенсивность света слабая, больше всего света.

2. Отражение света. Когда свет отражается, падающий свет будет производить преломленный и отраженный свет. Направление лучей можно определить по законам отражения и преломления. Отраженный свет и падающий свет находятся в одной плоскости, а угол падения равен углу отражения.

3. преломление света. Преломленные лучи находятся в той же плоскости, что и нормаль, и обнаруживаются, что они восстанавливаются в точке падения. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления является постоянным.

### **2.5.3 Толщиномеры на основе визуально-оптического метода**

Принцип цифрового микрометра. Используя принцип электронного измерения и цифрового дисплея, это устройство, которое выполняет измерение показаний на расстоянии между двумя измерительными поверхностями, движущимися относительно друг друга, является продуктом механико-электрооптической интеграции и не имеет значения шкалы на корпусе линейки в качестве основы для чтения. Он состоит из трех частей: 1. Механическая линейка 2. Фиксированная линейная сетка 3. Электронные компоненты, механическая линейка - это структура линейки с использованием линейки Вернье. Существует четыре типа: первый тип цифровых штангенциркулей, кроме метода отображения, Остальное такое же, как у нониусной линейки. Штангенциркуль второго типа не имеет стержня для измерения глубины. Цифровой штангенциркуль третьего типа и цифровой штангенциркуль четвертого типа внесли профессиональные изменения в

наружный измерительный захват. Форма когтя Цифровой штангенциркуль четвертого типа не имеет внутреннего измерительного клеща по сравнению с третьим типом.



Рисунок.2.10 – Микрометр цифровой для измерения толщины труб

Таблица 2.8 – Технические характеристики – Цифровых толщиномеров

Модель	Габариты, мм	Цена деления, мкм	Диапазон измеряемых толщин.мм
Микрометры МКЦ Vogel цифровые IP65 с быстрой подачей 232130	24x6.5x2.5	2	0-25
Микрометры МТЦ Vogel цифровые для измерения тормозных дисков 231031	24x6.5x2.5	4	7,6-33/88
Микрометры МТЦ Vogel цифровые для измерения тормозных дисков 232813	24x6.5x2.5	5	0-25
Микрометр гладкий цифровой МКЦ-25	25 x6.5x2.5	1	0-25

Микрометр гладкий цифровой МКЦ-50	25 x6.5x2.5	1	25-50
Микрометр гладкий цифровой МКЦ-75	25 x6.5x2.5	1	50-75
Микрометр гладкий цифровой МКЦ-100	25 x6.5x2.5	1	75-100
Микрометр МКЦ 0-25	183 x86x32	1	0-25
Микрометр МКЦ 25-50	183 x86x32	1	25-50

Таблица.2.6 – Аналоговые микрометры для измерения толщины труб

Модель	Цена,USD	Цена деления, мкм	Диапазон измеряемых толщин.мм
Производство: VOGEL (Германия)			
Микрометр МТ Vogel для измерения толщин труб 232714	423	4	0-15
Микрометр МТ Vogel для измерения толщин труб 232713	423	3	0-25
Микрометры МТ Vogel с круглой и прямоугольной скобой	461	2	0-15
Производство: Крип (Россия)			
Микрометры МТ для измерения толщин труб Крип МТ 0-25 кп2	123	1	0-25
Микрометры МТ для измерения толщин труб Крип МТ 0-25 кп1	154	1	0-25
Микрометры МТ для измерения толщин труб Крип МТ 0-15	192	1	0-15
Микрометры МТ для измерения толщин труб Крип МТ 0-25	133	1	0-25
Микрометры МТ для измерения толщин труб Крип МТ 25-50	150	1	25-50

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

#### **Введение**

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки.

Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и

ресурсосбережения.

### 3.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для проведения анализа потребителей результатов исследования необходимо провести сегментирование целевого рынка.

Целевой рынок – это те сегменты рынка, где в дальнейшем будет продаваться разработка. Сегменты рынка – это часть рынка или группы потребителей, выделенные по определенным общим признакам. Сегментирование рынка – разделение потребителей на группы, для каждой из которых может продаваться определенный товар.

Для сегментирования рынка электроэнергетики можно выбрать следующие критерии: мощность предприятия и категория потребителей электроснабжения.

По мощности предприятия делятся на: малые (до 5 МВА); средние (5÷75 МВА); большие (свыше 75 МВА). По требуемой степени надежности потребителей разделяют на 1, 2, 3 категорию.

Таблица 3.1 – Карта сегментирования услуг электроэнергетики в сфере электроснабжения

	1 категория	2 категория	3 категория
Большие	Р	С	М
Средние	Р, С	Р, М, С	М, С
Малые	Р, С	Р, М, С	Р, М, С

В данной таблице: Р = радиальная, М = магистральная, С = смешанная схемы электроснабжения.

Радиальная схема обеспечивает наибольшую надёжность по сравнению с магистральной, поэтому её применение возможно для электроснабжения потребителей 1 категории. Для средних и малых предприятий смешанная схема так же обеспечивает достаточную надёжность электроснабжения, как и радиальная.

Для больших и средних потребителей 2 и 3 категорий возможно применение магистральной схемы.

Технологические особенности спирального цеха диктуют необходимость применения именно радиальной схемы, т.к. электроприемники не связаны единым технологическим процессом, а значит необходимо обеспечить бесперебойное питание станков, независимо от работы других.

### **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:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (3.1)$$

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

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

$t_{max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_r$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} \quad (3.2)$$

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

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

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

### 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:



$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (3.3)$$

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

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

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} + T_{вых} + T_{пр}} \quad (3.4)$$

где  $T_{кал}$  – календарные дни ( $T_{кал} = 366$ );

$T_{вд}$  – выходные дни ( $T_{вд} = 52$ );

$T_{пд}$  – праздничные дни ( $T_{пд} = 12$ ).

В таблице 3.2 приведены длительность этапов работ

Таблица 3.2 – График проведения научного исследования

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ							
		$t_{min}$ чел-дн	$t_{max}$ чел-дн	$t_{ож}$ чел-дн	$T_P$ раб-дн	$T_k$ кал-дн	$y_i$ %	$\Gamma_i$ %	
1	Научный руководитель	6	16	10	10	15	15.15	15.15	
2	Научный руководитель, Студент-дипломник	14	28	19.6	9.8	15	15.15	30.30	
3	Научный руководитель	2	10	5	5	7	7.07	37.37	
4	Научный	3	5	3.8	3.8	6	6.06	43.43	

		руководитель								
5		Руководитель, консультант, студент- дипломник	20	27	22.8	7.6	11	11.11	54.54	
6		Студент- дипломник,	10	15	12	12	18	18.18	72.72	
7		Руководитель, консультант, студент- дипломник,	8	11	9.2	3.1	5	5.05	77.77	
8		Студент- Дипломник консультант,	4	10	6.4	3.2	5	5.05	82.82	
9		Руководитель, консультант, студент-дипломник	4	7	5.2	1.7	3	3.03	85.85	
10		Студент- дипломник,	8	12	9.6	9.6	14	14.14	100.00	
		ИТОГО						99		

### 3.4 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета проводимого исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с

его выполнением. В процессе формирования бюджета проекта используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы;

### 3.4.1 Расчет материальных затрат НИИ

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

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (3.5)$$

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

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$C_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Бумага	лист	200	1	230
Ручка	шт.	1	25	28.75
Тетрадь	шт.	1	50	57.5
Плата	шт.	2	420	966
Стирательная резинка	шт.	1	60	65
<b>Итого:</b>				1347.25

### **3.4.2 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. В моей работе не используются специальное оборудование.

Следовательно, затрата на специальное оборудование для научных работ не учитываем.

### 3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в Таблице 3.6.

Считается:

Зарботная плата руководителя: 1.4 тыс. руб./ дн;

Зарботная плата студента-дипломника: 0.4 тыс. руб./ дн;

Зарботная плата консультанта: 1.4 тыс. руб./ дн.

Таблица 3.6 – Затраты на основную заработную плату

№. п/п	Наименование этапов	Исполнители	Трудоемкость, чел.- дн.	Зарботная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс.	Всего зарботная плата по тарифу (окладам), тыс. руб

				руб.	
1	Составление и утверждение задания	Научный руководитель	5	1.4	6
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов и вариантов по теме	Научный руководитель Студент-дипломник,	15	2.2	33
3	Выбор варианта исследования и способов анализа	Научный руководитель	7	1.4	9.8
4	Календарное планирование работ	Научный руководитель	6	1.4	8.4
5	Проведение теоретических расчетов, обоснований разработка моделей для исследования и	Руководител ь, консультант, студент-дипломник	16	3.6	45.6

	анализ получаемого результата				
6	Реализация моделей	Студент- дипломник	18	0.8	14.4
7	Анализ результата и поиск методов решения	Руководител ь консультант,	5	3.6	18
8	Анализ полученных результатов, выводы	Студент- дипломник, консультант	5	2.2	11
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководител ь консультант, студент- дипломник	8	3.6	16.8
10	Составление пояснительной записки	Студент- дипломник	14	0.8	11.2
Итого					177.2

$$Z_{зи} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (3.6)$$

Где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;

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

$$Z_{доп} = Z_{осн} \cdot 15\% = 26580 \text{ руб}$$

Выбран районный коэффициент:  $k_{рай} = 30\%$

Следовательно, суммирующая работная затрата равна:

$$Z_{сум} = (Z_{осн} + Z_{доп}) \cdot (1 + k_{рай}) = 264914 \text{ руб}$$

#### **3.4.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}) \quad (3.8)$$

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

Отчисления во внебюджетные фонды составляют 30%

$$Z_{внеб} = 30\% \cdot 264914 = 79474.2 \text{ руб}$$

#### **3.4.5 Накладные расходы**

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



$$Z_{накл} = (\sum статей) \cdot k_{нр} \quad (3.9)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, накладные расходы равны:

$$Z_{накл} = 548168.2 \cdot 0.16 = 87706.9 \text{ руб}$$

#### **3.4.6 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 по каждому варианту исполнения приведен в таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Расчёт бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты НИИ	1347,25	Пункт 4.5.1
Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	0	Пункт 4.5.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	177200	Пункт 4.5.3
Затраты по дополнительной заработной	26580	Пункт 4.5.3

плате исполнителей темы		
Суммирующая заработная плата	264914	Пункт 4.5.3
Отчисления во внебюджетные фонды	79474.2	Пункт 4.5.4
Накладные расходы	87706.9	Пункт 4.5.5
Бюджет затрат НИИ	637.222.35	Сумма ст. 1,5,6,7

### **3.5 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования**

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

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{финр}^{исп.i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}} \quad (3.10)$$

где  $I_{финр}^{исп.i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\max}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (3.11)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – балльная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (Таблица. 3.8).

Таблица 3.8 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1
----------	-------------------------------	-------

1. Надежность	0.2	5
2. Универсаль	0.2	4
3. Уровень материалоемкости.	0.15	4
4. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0.2	5
5. Ремонтпригодность	0.1	5
6. Энергосбережение	0.15	4
ИТОГО	1	4.5

$$I_{p-исп} = 5 \cdot 0.2 + 4 \cdot 0.2 + 4 \cdot 0.15 + 5 \cdot 0.2 + 5 \cdot 0.1 + 4 \cdot 0.15 = 4.5$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \quad (3.12)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (см.табл.3.9) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта (Эср):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (3.13)$$

Таблица 3.9 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1

Ресурсоэффективность радиальной схемы электроснабжения была подтверждена с помощью расчета интегрального показателя ресурсоэффективности и сравнения его с другими схемами.

Таким образом, анализ конкурентных технических решений с учетом различных требований к схеме электроснабжения показал, что наиболее конкурентоспособной среди всех схем является радиальная схема.

Радиальная схема электроснабжения, применяемая при проектировании системы электроснабжения завода по производству источников света спирального цеха, обладает высокой конкурентоспособностью по сравнению с другими схемами. Она обеспечивает высокую надёжность, так как авария на

одной линии не влияет на работу ЭП, подключенных к другой линии. Выполняется обычно проводами или кабелями. Может применяться в цехах с любой окружающей средой. Обеспечивает удобство автоматизации.