



Институт Неразрушающего Контроля
Направление подготовки (специальность) Приборостроение
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование методов измерения толщины стенки легкославных бурильных труб

УДК 681.2.082

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б20	Тянь Юнь		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Якимов Е.В.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский.В.Ю.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова.О.С.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ФМПК	Суржиков А.П.	Д.т.н., профессор		

Томск – 2016г.

Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
Р1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для выбор, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОПК-1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 10); ОК-3,9; ПК-2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11.12, 13, 14, 15, 16,17, 18), Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р2	Участвовать в применять, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-3, ОПК-7; ПК-8,9,10, 11, 12, 13-18) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р3	Эксплуатировать и обслуживать современные средств измерения и контроля на производстве, обеспечивать поверку приборов и прочее метрологическое сопровождение всех процессов производства и эксплуатации средств измерения и контроля; осуществлять технический контроль производства, включая внедрение систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-9, ОПК-3; ППК-14, 15, 16). Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов EURACE и FEANI
Р4	Использовать творческий подход для разработки новых оригинальных идей проектирования и производства при решении конкретных задач приборостроительного производства, с использованием передовых технологий; критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы; использовать основы изобретательства, правовые основы в области интеллектуальной собственности	Требования ФГОС (ОК-3,ОК-6, ОПК-2, 3,4, 5, 6, 7,8,9, ПК-1,2,9,14). Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Р5	Планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования по своему профилю с использованием новейших достижения науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта в области знаний, соответствующей выполняемой работе	Требования ФГОС (ОК-5, ОК-6 ОПК-2, 3,4,5,6; ПК-1,2,3,4). Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

6	Использовать базовые знания в области проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; уметь делать экономическую оценку разрабатываемым приборам, консультировать по вопросам проектирования конкурентоспособной продукции	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-6,8,14,17), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Универсальные компетенции		
7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-17), Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-5, ОПК-2), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-2, 4, 8, 9,10; ОПК-9) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-4), Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI



Институт Неразрушающего Контроля
Направление подготовки (специальность) Приборостроение
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ФМПК
Суржиков А.П.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
151Б20	Тянь Юнь

Тема работы:

Исследование методов измерения толщины стенки легкослабых бурильных труб	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 10.03.2016 №1862/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Произвести обзор методов и средств контроля толщины стенки легкосплавных бурильных труб
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Требования стандартов к толщине стенки легкосплавных бурильных труб. 2. Обзор существующих методов и средств контроля толщины стенки легкосплавных бурильных труб.
Перечень графического материала	По каждому методу пояснительный лист
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	
«Социальная ответственность»	
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Заключение	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.10.2015

Задание выдал руководитель:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б20	Тянь Юнь		

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

Студенту:

Группа	ФИО
151Б20	Тянь Юнь

Институт	ИНК	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	Приборостроение

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	1. Стоимость материалов. 2. Зарботная плата руководителя проекта. 3. Зарботная плата исполнителей проекта.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	1. Нормы рабочего времени, выполнения проекта

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	1. Оценка конкурентоспособности проекта 2. Планирование работ в течении осуществления проекта.
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	1. Планирование и расчет бюджета научной-исследовательской работы.
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	1. Определение эффективности и перспектив научного исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

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

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Конотопский.В.Ю.	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б20	Тянь Юнь		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
151Б20	Тянь Юнь

Институт	ИНК	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	бакалавр	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>1. Производственная безопасность</p> <p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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). <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – 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 средства пожаротушения). 	<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>2. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды. 	<p>Анализ возможного загрязнения окружающей среды.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий. 	<p>Оценка пожарной опасности помещения. План эвакуации.</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Перечень основных нормативных актов, содержащих требования по охране труда.</p>

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Кырмакова.О.С.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
151Б20	Тянь Юнь		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 78 с., 20 рис., 21 табл., 17 источников.

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. В настоящее время на рынке имеется широкий выбор приборов и систем контроля тощины 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: Результаты исследования могут быть использованы в качестве рекомендаций для предприятий производства легкосплавных бурильных труб, а также предприятий использующих трубы в процессе бурения.

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.

Работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2014 в ОС Windows 7.

Содержание

Введение.....	12
1 Требования к легкосплавным бурильным трубам.....	14
1.1 Общие положения	14
1.2 Сортамент	15
2 Методы измерения толщины стенки легкосплавных бурильных труб	20
2.1 Вихретоковый метод.....	20
2.1.1 Преимущества метода	20
2.1.2 Теоретические основы вихретокового метода.....	20
2.1.3 Приборы на основе вихретокового метода	22
2.2 Акустический метод	25
2.2.1 Теоретические основы акустического метода	25
2.2.3 Толщиномеры на основе акустического метода.....	26
2.3 Магнитный метод.....	30
2.3.1 Преимущества метода	30
2.3.2 Теоретические основы магнитного метода	30
2.3.3 Приборы на основе магнитного метода.....	31
2.4 Радиационный метод	34
2.4.1 Преимущества метода	34
2.4.2 Теоретические основы рентгеновского метода	34
2.4.3 Приборы на основе радиационного метода	35
2.5 Визуально-оптический метод	38
2.5.1 Преимущества метода	38
2.5.2 Теоретические основы визуально-оптического метода	38
2.5.3 Толщиномеры на основе визуально-оптического метода	39

3	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	41
	Введение.....	41
3.1	Составление перечня работ.....	41
3.2	Определение трудоемкости выполнения работ	43
3.3	Разработка графика проведения научного исследования	44
3.4	Построение графика работ	46
3.5	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	47
3.5.1	Расчет материальных затрат НТИ	47
3.5.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	49
3.5.3	Основная заработная плата исполнителей темы	50
3.5.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	51
3.5.5	Накладные расходы	52
3.5.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	52
3.6	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	53

Введение

Первые скважины в истории человечества бурили ударно-канатным способом за 2000 лет до нашей эры для добычи рассолов в Китае [1].

До середины 19 века нефть добывалась в небольших количествах, в основном из неглубоких колодцев вблизи естественных выходов ее на дневную поверхность.

Со второй половины 19 века спрос на нефть стал возрастать в связи с широким использованием паровых машин и развитием на их основе промышленности, которая требовала больших количеств смазочных веществ и более мощных, чем сальные свечи, источников света.

Исследованиями последних лет установлено, что первая скважина на нефть была пробурена ручным вращательным способом на Апшеронском полуострове (Россия) в 1847 г. по инициативе В.Н. Семенова. В США первая скважина на нефть (25 м) была пробурена в Пенсильвании Эдвином Дрейком в 1859 г. Этот год считается началом развития нефтедобывающей промышленности США. Рождение российской нефтяной промышленности принято отсчитывать от 1864 г., когда на Кубани в долине реки Кудак А.Н. Новосильцев начал бурить первую скважину на нефть (глубиной 55 м) с применением механического ударно-канатного бурения. На рубеже 19–20 веков были изобретены дизельный и бензиновый двигатели внутреннего сгорания. Внедрение их в практику привело к бурному развитию мировой нефтедобывающей промышленности.

В настоящее время при бурении нефтяных и газовых скважин широко применяют легкосплавные бурильные трубы (ЛБТ) на основе алюминия [1], имеющие много преимуществ перед стальными трубами: они легче (соответственно, меньше вес бурильной колонны) и не подвержены намагничиванию (не влияют на геофизическую аппаратуру).

Однако в практике современного бурения, когда длина бурильной колонны может составлять несколько километров, легкосплавные трубы

подвергаются нагрузкам, которые приближаются к их предельным значениям. В этих условиях чрезвычайно важна своевременная отбраковка труб с повышенным износом стенки. Диагностика и отбраковка труб производится на основе инструкции по неразрушающему контролю бурового инструмента и оборудования при эксплуатации. Однако практика расследования аварий бурильных труб показывает, что критерии отбраковки труб по существующей нормативной документации нуждаются в уточнении [4].

За счёт стопроцентного контроля толщины стенки легкосплавных бурильных труб можно продлить срок их эксплуатации, снизить повреждения скважин и тем самым обеспечить максимальную производительность.

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 съёмными замками, так и с приварными [2].

При бурении глубоких, особенно наклонных и горизонтальных скважин с большим удалением от вертикали, чрезвычайно важно обеспечить надёжную работу бурильной колонны (БК), эксплуатирующейся в условиях экстремальных нагрузок и температур. Компонировка и вес БК и отдельных её секций существенным образом влияют на технико-экономические показатели проводки скважин, что накладывает известные ограничения на выбор материалов бурильных труб и коэффициента запаса прочности. С учетом специфики бурения геологоразведочных скважин разработаны и выпускаются серийно легкосплавные бурильные трубы с ниппельным (ЛБТН) и муфтово-замковым (ЛБТМ) соединением. Изготавливают ЛБТН из алюминиевого сплава Д16Т, имеющего предел прочности на растяжение 450 МПа, предел текучести 330 МПа и относительное удлинение 11% [2].

Алюминиевые сплавы обладают ценными физико-механическими свойствами, выгодно отличающими их от сталей, традиционного материала для изготовления бурильных труб. Удельный вес и модуль упругости алюминиевые сплавы почти в 3 раза ниже, чем у сталей, а удельная прочность – отношение предела прочности на разрыв к удельному весу в 1,5-2 раза выше. Коррозийная стойкость алюминиевых сплавов агрессивных средах – сероводороде, углекислом газе – может быть сопоставима только со специальными сплавами с высоким содержанием хрома, а немагнитность аналогична монель-металлу-сплаву никеля медью. Алюминиевые сплавы характеризуются стабильностью

механических свойств при низких температурах, высокой технологичностью в процессе обработки давлением и резанием. Практически неограниченные запасы исходного сырья для производства алюминиевые сплавы делают их производство сравнительно дешёвым. Бурильная труба из алюминиевых сплавов (АБТ) стоит практически столько же, сколько аналогичная труба из высокопрочной стали. Малая жёсткость АБТ позволяет использовать при проводке наклонных и горизонтальных скважин с высокой интенсивностью искривления [1].

Элементом конструкции легкосплавных бурильных труб повышенной надёжности является соединение алюминиевой трубы со стальным замком. Это надёжный способ такого соединения с применением трапецеидальной резьбы типа ТТ с коническим стабилизирующим пояском и внутренним упорным торцом. Гарантированные натяги по резьбе, стабилизирующему пояску и упорному торцу достигаются за счет температурной сборки. Конический стабилизирующий поясок и упорный торец обеспечивают частичную разгрузку резьбы и значительно повышают усталостные показатели работы соединения [1].

1.2 Сортамент

Легкосплавные бурильные трубы изготавливают в соответствии со стандартом ГОСТ 23786-79 из алюминиевого сплава Д16 [2].

Размеры легкосплавных бурильных труб с внутренними концевыми утолщениями, изготавливаемых без резьбы, рисунок 1.1, и предельные отклонения по ним должны соответствовать указанным в таблице 1.1 [2].

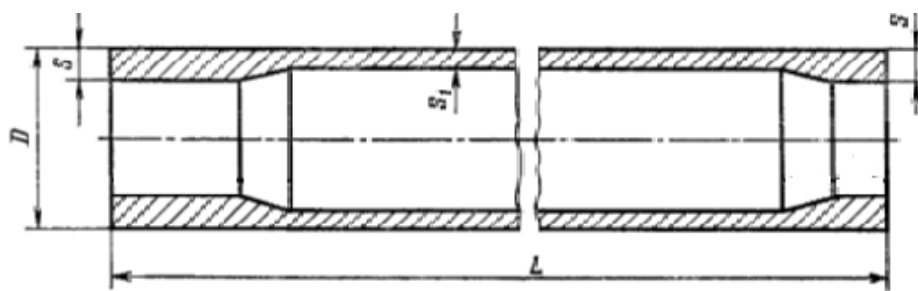


Рисунок 1.1 – Трубы с внутренними концевыми утолщениями, изготавливаемые без резьбы

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 S ₁ , мм	Предельные отклонения по толщине стенки основного сечения, мм	
Номинал	Пред. откл.	Номинал	Предоткл.		Нормальной точности	Повышенной точности
54	±0,6	13	±0,3	7,5	±0,7	±0,4
64	+1,5 -0,5		16	+1,5 -1,0	8,0	
73		+1,5 -1,0		26	+2,0 -1,5	
90	15		+2,0 -1,0		8,0	
95		+1,5 -1,0	27	+2,5 -1,5		
103	+1,5 -1,0			27	+2,5 -1,5	
108						

Размеры труб с внутренними концевыми утолщениями, изготавливаемых с нарезанной правой резьбой и навинченными стальными замками (рисунок 1.2), и предельные отклонения по ним должны соответствовать указанным в таблице 1.2 [2].

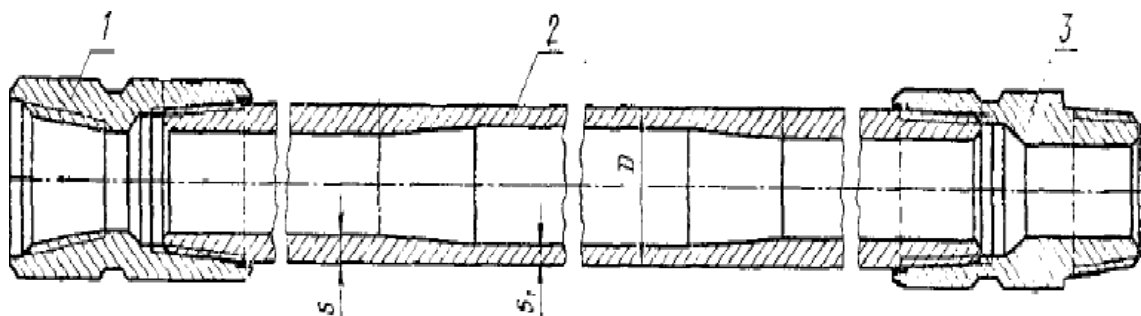


Рисунок 1.2 – Трубы с внутренними концевыми утолщениями с нарезанной правой резьбой и навинченными стальными замками: 1-муфта замка; 2-труба; 3-нипель замка

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 S_1 , мм	Предельные отклонения по толщине стенки основного сечения, мм	
	Номин	Пред.откл		Нормальной точности	Повышенной точности
114	15	+2,0	10	$\pm 1,0$	$\pm 0,5$
		-1,0	9	$\pm 0,9$	$\pm 0,4$
129	17	+2,5 -1,5	11	$\pm 1,1$	$\pm 0,5$
147	15	+2,0 -1,0	9	$\pm 0,9$	$\pm 0,4$
	17	+2,5	11	$\pm 1,1$	$\pm 0,5$
	20	-1,5	13	$\pm 1,3$	$\pm 0,5$
	22	+2,8	15	$\pm 1,5$	$\pm 0,5$
	24	-1,7	17	$\pm 1,7$	$\pm 0,5$

Размеры труб с внутренними концевыми утолщениями и протекторным утолщением (рисунок 1.3), и предельные отклонения по ним должны соответствовать указанным в таблице 1.3 [2] .

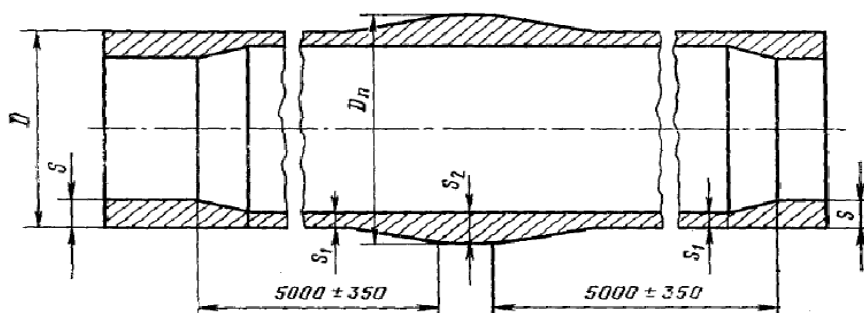


Рисунок 1.3 – Трубы с внутренними концевыми утолщениями и протекторным утолщением

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 S ₂ , 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 S ₁ , мм	Предельные отклонения по толщине стенки основного сечения, мм	
				Нормальной точности	Повышенной точности
114	20	15	10	±1,0	±0,5
129	21,5	17	11	±1,1	±0,5
147	23,5				
170	24,5				
170	26,5				
			13	±1,3	±0,5

По требованию потребителя допускается изготавливать трубы с промежуточными размерами по наружному диаметру, толщине стенки и длине концевого и протекторного утолщений, не указанными в таблицах 1.1 – 1.3. При этом предельные отклонения по наружному диаметру и толщине стенки принимаются как для ближайшего меньшего размера [2].

При измерении толщины стенки трубы, наружная и внутренняя поверхности трубы должны быть чистыми, без раковин, трещин, расслоений, вздутий, посторонних включений, коррозионного поражения отдельные плены, царапины, риски, забоины, вмятины, остатки технологической смазки глубиной залегания в пределах допуска на наружный диаметр трубы [2].

Трубы согласно таблице 1.1 имеют максимальную толщину стенки основного сечения S₁ 9 мм, минимальная толщина стенки труб 7,5 мм; и максимальную толщину стенки концевого утолщения S 27 мм, минимальная толщина стенки труб 13 мм. Предельные отклонения по толщине стенки для труб повышенной точности ±0,4 мм, для труб нормальной точности от ±0,7 мм до ±0,8 мм [2].

Трубы согласно таблице 1.2 имеют максимальную толщину стенки основного сечения S₁ 17 мм, минимальная толщина стенки труб 9 мм ; и максимальная толщина стенки концевого утолщения S 24 мм, минимальная толщина стенки труб 15 мм. Повышенной точности от ±0,4 мм до ±0,5 мм нормальной точности от ±0,9 мм до ±1,7 мм [2].

Трубы согласно таблице 1.3 имеют максимальную толщину стенки основного сечения S_1 13 мм, минимальную 10 мм; и максимальная толщина стенки концевой утолщения S 17 мм, минимальная 15 мм ; и максимальная толщина стенки протекторного утолщения S_2 26,5 мм, и минимальную 20 мм. Повышенной точности $\pm 0,5$ мм нормальной точности от $\pm 1,0$ мм до $\pm 1,3$ 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.

Номинальная длина труб с протекторным утолщением должна быть 12 м, в зависимости от величины наружного диаметра.

Предельные отклонения по длине труб не должны превышать плюс 150, минус 350 мм в количестве не более 5% труб партии.

Проверку наружного диаметра трубы, диаметра протекторного утолщения, **толщины стенок концевых утолщений** и длины концевых утолщений, а также длины протекторного утолщения проводят **на каждой трубе партии** [2].

Толщину стенки основного сечения трубы, протекторного утолщения, а также длину переходных зон от основного сечения трубы к утолщениям проверяют **на одной трубе от каждой 1000 труб** [2].

Обмер труб по наружному диаметру и толщине стенки проводят инструментом, обеспечивающим **точность измерения 0,1 мм**. Проверку длины труб проводят рулеткой по ГОСТ 7502-80 [2].

2 Методы измерения толщины стенки легкосплавных бурильных труб

2.1 Вихретоковый метод

Измерительные преобразования в полях вихревых токов (вихретоковые измерительные преобразования) основаны на возбуждении в электропроводящих объектах переменным магнитным полем вихревых токов и зависимости параметров этих токов от свойств объекта.

2.1.1 Преимущества метода

1) Особенность вихретокового контроля в том, что его можно проводить без контакта преобразователя и объекта. Их взаимодействие происходит на расстояниях, достаточных для свободного движения преобразователя относительно объекта (от долей миллиметров до нескольких миллиметров). Поэтому этими методами можно получать точные результаты.

2) Результаты испытаний могут быть оцифрованы и сохранены, возможна воспроизведение и обработка данных.

2.1.2 Теоретические основы вихретокового метода

Вихретоковый метод контроля основан на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящем объекте контроля (ОК) этим полем. В качестве источника электромагнитного поля чаще всего используется индуктивная катушка (одна или несколько), называемая вихретоковым преобразователем (ВТП). Синусоидальный (или импульсный) ток, действующий в катушках ВТП, создает электромагнитное поле, которое возбуждает вихревые токи в электромагнитном объекте.

Электромагнитное поле вихревых токов воздействует на катушки преобразователя, наводя в них ЭДС или изменяя их полное электрическое сопротивление. Регистрируя напряжение на катушках или их сопротивление,

получают информацию о свойствах объекта и о положении преобразователя относительно его. Особенность вихретокового контроля в том, что его можно проводить без контакта преобразователя и объекта. Их взаимодействие происходит на расстояниях, достаточных для свободного движения преобразователя относительно объекта (от долей миллиметров до нескольких миллиметров). Поэтому этими методами можно получать хорошие результаты контроля даже при высоких скоростях движения объектов [13].

Когда мы измеряем толщину стенки труб, то возбуждающее магнитное поле, которое создается, в частности, внутри соленоида, является однородным и направлено вдоль оси цилиндра, а измерительная обмотка радиуса $R1$ охватывает цилиндр. При таком проходном варианте взаимодействия ферромагнитный цилиндр, по сути, играет роль ферромагнитного сердечника, многократно усиливая магнитное поле. Это проявляется в больших значениях амплитуды $U^*_{вн}$ по сравнению с ранее рассмотренными примерами накладного варианта вихретокового взаимодействия.

Годографы от изменения обобщенного параметра $\beta_2 = R_2 \sqrt{\omega \sigma \mu}$ для различных значений относительной магнитной проницаемости материала μ_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 $U_{вн}$ [13].

Максимальное значение амплитуды $U^*_{м} = \mu_r$ имеет место при $\beta_2 = 0$ и равенстве радиусов цилиндра и измерительной обмотки: $R1 = R2$. При уменьшении значения магнитной проницаемости монотонно уменьшается амплитуда $U^*_{вн}$. Такой же эффект дает уменьшение радиуса цилиндра при неизменном радиусе измерительной обмотки (годографы от изменения μ_r и $R2$ совпадают).

Таким образом, показано, что вихретоковое измерительное преобразование может быть использовано для бесконтактного измерения

радиуса (поперечного размера) цилиндрического объекта, удельной электрической проводимости и магнитной проницаемости его материала [13].

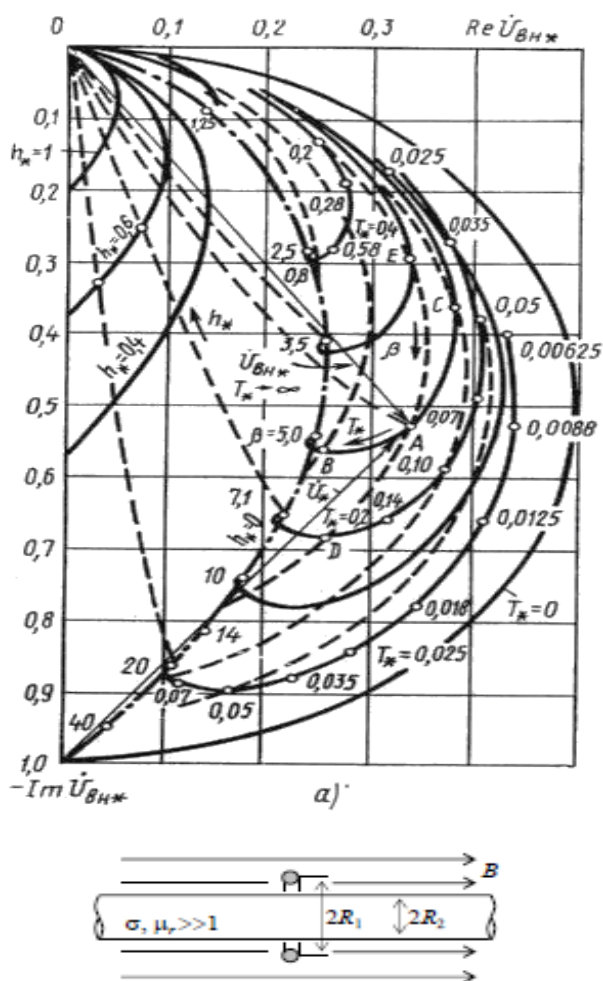


Рисунок 2.1 – Годографы относительного вносимого напряжения вихретокового преобразователя над электропроводящей поверхностью:

$$\eta = \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^2; \quad \beta = R_2 \sqrt{\omega \sigma \mu_0}$$

2.1.3 Приборы на основе вихретокового метода

Вихретоковый толщиномер ВТ-15.01 (рисунок 2.2) является рабочим средством контроля в ручном режиме толщины стенки легкосплавных бурильных труб (ЛБТ) типа ТБ и ТБП, изготавливаемых в соответствии со стандартом ГОСТ 23786-79 из алюминиевого сплава Д16 [17].

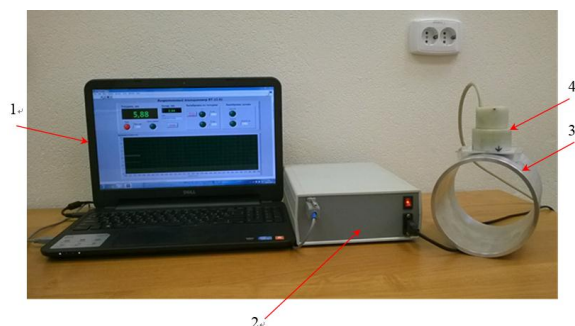


Рисунок 2.2 – Расположение блоков вихретокового толщиномера ВТ-15.01: 1 – ноутбук, 2 – блок электроники, 3 – контролируемая труба, 4 – вихретоковый преобразователь

Таблица 2.1 – Технические характеристики толщиномера ВТ-15.01

Технические характеристики	
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 ± 0.2 мм в диапазоне от 9 до 15 мм : не более ± 0.5 мм
Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$	5-40

Толщиномер состоит из двухчастотного генератора Г, вихретокового преобразователя ВТП, схемы амплитудно-фазовой обработки сигналов САФОС, платы сбора данных ПСД, персонального компьютера ПК на базе ноутбука и блока питания БП. Двухчастотное выходное напряжение генератора частотой 125 и 2000 Гц поступает на возбуждающую обмотку вихретокового преобразователя ВТП. Начальное напряжение измерительной обмотки ВТП компенсируется, полученные вносимые напряжения U_1 и U_2 поступают на двухканальную схему амплитудно-фазовой обработки, опорный вход низкочастотного канала соединен с опорным резистором, а высокочастотного канала – с компенсирующей обмоткой. В САФОС амплитудно-фазовые детекторы формируют квадратурные составляющие выходных напряжений [17].

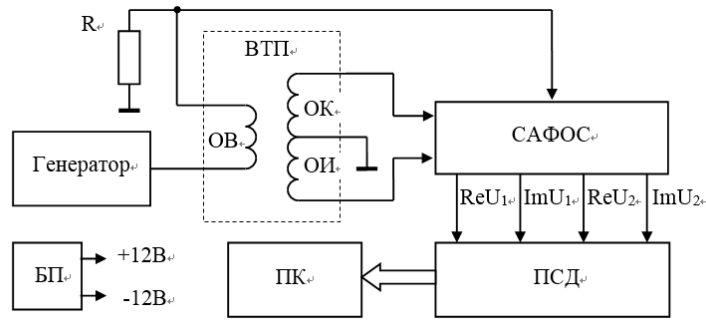


Рисунок 2.3 – Структурная схема толщиномера ВТ-15.01

Выходные сигналы САФОС поступают на плату сбора данных, в качестве которой используется модуль USB3000 – универсальный скоростной восьмиканальный АЦП. Модуль поддерживает пакет прикладного программного обеспечения LabView. 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 [17].

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 [17].

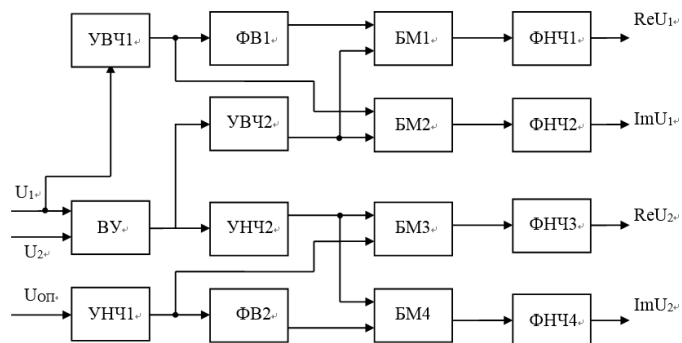


Рисунок 2.4 – Структурная схема САФОС: УВЧ – усилитель высокой частоты; ВУ – вычитающее устройство; БМ – балансный модулятор; УНЧ – усилители низкой частоты; ФВ – фазовращатель

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 [17].

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 U_1 и U_2 [17].

2.2 Акустический метод

2.2.1 Теоретические основы акустического метода

Акустические методы пригодны для измерения толщины металлических и неметаллических материалов, имеют хорошую направленность, обеспечивают высокую скорость и точность [6].

По физическим принципам, используемым для измерения толщины, акустические толщиномеры делят на эхоимпульсные и резонансные. Принцип ультразвуковой толщинометрии импульсными приборами основан на измерении времени прохождения ультразвукового импульса в изделии или в слое и умножении измеренного времени на коэффициент, учитывающий скорость звука в материале изделия. В резонансных приборах для измерения толщины используется локальный резонансный метод или локальный метод

свободных колебаний, а также интерференционные явления, возникающие при распространении акустических волн в изделии [3].

Резонансный метод позволяет измерять толщину от минимального значения $h_{\min} = 0,5c/f_{\max}$, где c – скорость звука в материале изделия; f_{\max} – максимальная частота прибора [3].

При повышении частоты до 30 МГц можно измерять толщины стальных изделий, начиная с 0,1 мм. Измерение таких толщин эхометодом выполнить не удастся. Использование иммерсионного варианта метода обеспечивает непрерывный контроль труб диаметром 3 – 4 мм и более, что также трудно обеспечить другими методами; погрешность составляет при этом 1 – 2 %. Резонансный метод применяют для контроля изделий с гладкими поверхностями. Изменение толщины в зоне измерения не должно превышать 8 %, при этом измеряется средняя толщина, а не наименьшее ее значение. Этими возможностями определена область преимущественного использования резонансных толщиномеров для измерения толщины при автоматическом контроле тонкостенных труб малого диаметра в иммерсионном варианте. В остальной области повсеместно применяют ультразвуковые эхоимпульсные толщиномеры простые в управлении и компактные приборы, позволяющие с хорошей точностью измерять толщину от 0,5 мм [3].

Электромагнитно-акустические толщиномеры предназначены для измерения материалов из сталей и алюминиевых сплавов без применения контактной жидкости с зазором между датчиком и контролируемой деталью, они также измеряют толщину основного металла через покрытие.

2.2.3 Толщиномеры на основе акустического метода

Ультразвуковой (УЗ) толщиномер А1209 (рисунок 2.5) предназначен для измерения толщины стенки труб (включая изгибы), котлов, баллонов, сосудов, работающих под давлением, обшивок и других изделий из черных и цветных металлов, с гладкими или грубыми и корродированными поверхностями, а

также изделий из пластмасс и других материалов с высоким затуханием ультразвука при одностороннем доступе к поверхности этих изделий.

Прибор может применяться в различных отраслях промышленности при обязательной предварительной подготовке поверхности и использовании контактной смазки, которой могут служить различные масла, вода, глицерин, специальные контактные жидкости и гели для ультразвукового контроля и т.д. [16].



Рисунок 2.5 – Ультразвуковой толщиномер A1209

Принцип действия эхо-импульсного толщиномера A1209 состоит в измерении времени двойного прохода ультразвуковых колебаний через изделие от одной поверхности до другой, которое пересчитывается в значение толщины изделия. Для излучения УЗ импульсов в изделие и приема их отражений используется УЗ преобразователь, который устанавливается на поверхность изделия в том месте, где необходимо измерить толщину. УЗ преобразователь имеет острую характеристику направленности излучения и приема ультразвука, поэтому толщина изделия определяется непосредственно под местом установки преобразователя. Если поверхность материала, противоположная той, на которую установлен УЗ преобразователь, имеет впадины, то УЗ импульсы отражаются от них и толщина определяется как кратчайшее расстояние от внешней поверхности до этих впадин. В таблице 2.2 показаны основные характеристики ультразвуковых толщиномеров [11,7].

Таблица 2.2 – Технические характеристики ультразвуковых толщиномеров

Модель	Цена, USD	Габариты, мм	Погрешность измерений, мм	Диапазон измеряемых толщин, мм
Производство: Time Group Inc. (Китай)				
Толщиномер ультразвуковой ТТ130	298	126x68x23	± (1% + 0.1)	1.2-225
Толщиномер ультразвуковой ТТ100	550	126x68x23	± (1% + 0.1)	1.2-225
Ультразвуковой толщиномер ТТ150	793	149x72x32	± (1% + 0.1)	0,8-225
Толщиномер ультразвуковой ТТ300	930	152x74x35	± (1% + 0.1)	1.2-225
Ультразвуковой толщиномер ТТ700	974	152x74x35	± (1% + 0.1)	0,15-20
Ультразвуковой толщиномер ТТ320	1428	152x74x35	± (1% + 0.1)	1.2-225
Ультразвуковой толщиномер ТТ340	1480	211x125x46	± (1% + 0,1)	1,2-225
Производство: Мегеон (Россия)				
Толщиномер Мегеон 19100	188	146x72x29	± (1% + 0,1)	1-225
Толщиномер Мегеон 19130	293	146x72x29	± (1% + 0,1)	1-300
Производство: Olympus NDT (США)				
Толщиномер ультразвуковой 27MG	450	84,0x152x39	±1%	0,50-635
Ультразвуковой толщиномер 45MG	3088	162x91x41	±0,01%	1-254
Ультразвуковой толщиномер 38DL Plus	6277	211x125x46	±1%	1-254
Производство: АКС (Россия)				
Ультразвуковой толщиномер А1207	400	143x26x18	± (0,5% + 0.1)	0,8-30
Ультразвуковой толщиномер А1208	1262	161x70x24	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	1452	161x70x24		0,7-300
Ультразвуковой толщиномер А1209	1579	161x70x24		0,7-300
Ультразвуковой толщиномер А1250	2309	161x70x24		2-10
Ультразвуковой толщиномер А1270 (ЭМА)	2857	190x87x47	± (1%+0,1)	0,5-50
Производство: DGC (Германия)				
Ультразвуковой толщиномер DC2000C	793	116x64x27	± (0,1%+0,04)	0,65-400
Ультразвуковой толщиномер DC3020	1588	115x64x27	±0.04 (при h < 9.99 мм)	1,44-200
Ультразвуковой толщиномер DC2020C	1063	116x64x27	± (0,1%+0,04)	0,65-400
Ультразвуковой толщиномер DC3000	1349	116x64x27	± 0,1%	0,65-400
Производство: Константа (Россия)				
Ультразвуковой толщиномер Булат 1	635	120x57x20	±(0,2%+0,03)	0,5-300
Ультразвуковой толщиномер Булат 5уп	662	120x57x20	±(0,2%+0,03)	0,4-300
Ультразвуковой толщиномер Булат1S	703	150x80x30	±(0,5%+0,05)	0,4-300
Ультразвуковой толщиномер Булат 2	785	150x80x30	±(0,1%+0,05)	0,6-200
Производство: НПП Технотест (Россия)				
Ультразвуковой толщиномер ТЭМУ-УТ1	462	135x65x30	±5%	0,5-300
Ультразвуковой толщиномер УТ3-2	628	125x60x35	±1%	0,6-300
Ультразвуковой толщиномер УТ-111	761	150x90x40	±(0,5%+0,1)	0,6-500
Ультразвуковой толщиномер ТЭМУ-УТ2	1047	145x82x32	±5%	0,8-200
Производство: НИИ Интроскопии (Россия)				
Ультразвуковой толщиномер ТАУ 332	435	135x70x24	±0,1%	1-199,9
Ультразвуковой толщиномер ТАУ 538	470	135x70x24	±0,1%	1-199,9
Ультразвуковой толщиномер ТАУ 326	476	135x70x24	±0,1%	1-199,9
Толщиномер ТАУ 538 Audio	517	135x70x24	±0,1%	1-199,9
Ультразвуковой толщиномер ТАУ 410	1123	135x70x24	±0,1%	1-1999,9

Факторы, влияющие на значения измерений акустическими толщиномерами, показаны ниже [5]:

1) Если шероховатость поверхности является слишком большой, то в результате эхо-сигнал будет слабым. То же самое при наличии ржавчины, песка. При шлифовании и других способах обработки поверхности можно уменьшить шероховатость, но при этом также можно удалить оксидный слой и защитную краску.

2) Радиус кривизны трубы может быть слишком мал, поэтому контакт зонда с поверхностью может быть плохим. Решением может быть применение дополнительного маленького зонда диаметром до 6 мм.

3) Аустенитные стали имеют неровные или грубые зерна, при которых ультразвуковые волны имеют большое ослабление и рассеяние. Для таких сталей можно выбрать прибор с более низкой частотой (2,5 МГц).

4) Износ датчика со стороны поверхности контакта. Для защиты поверхности зонда можно применить акриловую смолу. Однако шероховатость поверхности при этом увеличивается, что приводит к снижению чувствительности.

5) При наличии на задней поверхности измеряемого объекта большого количества коррозионных язв вызывает ослабление акустического сигнала, в результате чего показания толщиномеров могут быть ошибочны.

6) Температура. Обычно в твердых телах скорость звука уменьшается при повышении температуры. Экспериментальные данные показывают, что при нагреве на 100 °С, скорость звука уменьшается на 1%.

2.3 Магнитный метод

2.3.1 Преимущества метода

Магнитные методы основаны на взаимодействии магнитного поля с контролируемым объектом. Контролируемый объект помещается в магнитное поле с меньшей магнитной проницаемостью, часть магнитных силовых линий выходит на поверхность объекта.

Для определения толщины используется принцип магнитной индукции, т.е. магнитный поток уменьшается с увеличением толщины изделия. Результаты существенно зависят от способа намагничивания контролируемого изделия. С целью получения максимальной чувствительности и разрешающей способности магнитного метода применяются различные виды намагничивания материалов [9].

2.3.2 Теоретические основы магнитного метода

Эффéкт Хóлла — явление возникновения поперечной разности потенциалов (называемой также холловским напряжением) при помещении проводника с постоянным током в магнитное поле [9].

В простейшем рассмотрении эффект Холла выглядит следующим образом. Пусть через проводящий брусок в слабом магнитном поле течёт электрический ток под действием напряжённости. Магнитное поле будет отклонять носители заряда к одной из граней бруса от их движения вдоль или против электрического поля. При этом критерием малости будет служить условие, что при этом носители заряда не начнут двигаться по циклоиде [9].

Таким образом, сила Лоренца приведёт к накоплению отрицательного заряда возле одной грани бруска, и положительного — возле противоположной. Накопление заряда будет продолжаться до тех пор, пока возникшее электрическое поле зарядов E_1 не скомпенсирует магнитную составляющую силы Лоренца:

$$eE_1 = evB \Rightarrow E_1 = vB \quad (2.1)$$

Скорость электронов v можно выразить через плотность тока:

$$j = nev \Rightarrow v = \frac{j}{ne} \quad (2.2)$$

где n — концентрация носителей заряда. Тогда

$$E_1 = \frac{1}{ne} jB \quad (2.3)$$

Коэффициент пропорциональности $R_H = \frac{1}{ne}$ между E_1 и jB называется коэффициентом (или константой) Холла. В таком приближении знак постоянной Холла зависит от знака носителей заряда, что позволяет определять их тип для большого числа металлов. Для некоторых металлов (например, таких, как свинец, цинк, железо, кобальт, вольфрам), в сильных полях наблюдается положительный знак R_H , что объясняется в полуклассической и квантовой теориях твёрдого тела [9].

2.3.3 Приборы на основе магнитного метода

Magna-Mike8500 фирмы Olympus представляет собой портативный прибор, который использует метод магнитного поля для измерения толщины неферромагнитных материалов. Магнитный зонд располагается с внешней стороны, а маленький шарик (целевой шар) на противоположной стороне. Датчиком Холла, расположенным в наконечнике зонда, измеряется расстояние до целевого шарика и отображается на цифровом дисплее [8].



Рисунок 2.6 – Толщиномер на основе эффекта Холла Magna-Mike 8500

Olympus Magna Mike 8600



Рисунок 2.7 – Olympus Magna Mike 8600

- ◆ Толщиномер для немагнитных материалов
- ◆ Предел измерения толщины 25,4 мм
- ◆ Прямой и Г-образный датчики с защитными колпачками
- ◆ МинСкан с частотой 60 Гц
- ◆ Технология эффекта Холла

Два новых вида датчиков:

В комплект Magna-Mike входят прямой и Г-образный магнитные датчики с защитными колпачками. Защитные колпачки увеличивают срок службы датчиков и уменьшают затраты на их замену [8].

Диапазон измерения толщины от 0,001 до 25,4 мм:

Magna-Mike имеет расширенный список комплектующих (пять шариков разных размеров, два диска и проволока), увеличивающий область применения прибора и точность измерения [8].

Новые возможности

- ◆ Два вида износостойких датчиков: прямые и Г-образные
- ◆ Защитные съемные колпачки: стандартный и заостренный
- ◆ Предел измерения толщины 25,4 мм
- ◆ Широкий цветной VGA дисплей
- ◆ Выходы RS-232, USB и VGA
- ◆ Высокая частота обновления 60 Гц
- ◆ Блокировка прибора с помощью программируемого кода

- ◆ Соответствие требованиям IP67
 - ◆ Расширенный буквенно-цифровой регистратор данных
 - ◆ Сохранение и вызов сохраненных файлов калибровки
 - ◆ Новый корпус с удобной подставкой
 - ◆ Возможность экспортирования файлов на карту памяти MicroSD в форматах .txt и CSV
- Расширенный набор комплектующих (набор калибровочных блоков):

- a) Стандартный размер до 9,1 мм
 - b) Расширенный диапазон до 25,4 мм
 - c) Набор дисков
 - d) Стальная проволока
- ◆ Просмотр ленточной диаграммы

Таблица 2.3 – Технические характеристики магнитных толщиномеров

Модель	Цена, USD	Габариты, мм	Погрешность измерений, мм	Диапазон измеряемых толщин, мм
Производство: Olympus (США)				
Olympus NDT Magna Mike 8600	5227	236 x 167 x 70	± (1%Н + 0.1)	0.001-25.4
Olympus NDT Magna Mike 8500	5238	238 x 138 x 38	± (1%Н + 0.1)	0.001-0.79

2.4 Радиационный метод

2.4.1 Преимущества метода

Радиационные методы контроля основаны на регистрации и анализе ионизирующего излучения при его взаимодействии с контролируемым изделием.

Метод применяется для магнитных и немагнитных материалов, обеспечивая точное, высокоскоростное бесконтактное измерение толщины. Как правило, используется модульная конструкция, имеющая гибкую конфигурацию, легкое обслуживание, и высокую производительность.

2.4.2 Теоретические основы рентгеновского метода

Методы радиационного контроля классифицируются, прежде всего, по виду (и источнику) ионизирующего излучения и по виду детектора ионизирующего излучения.

Ионизирующим называют излучение, взаимодействие которого со средой приводит к образованию электрических зарядов. Так как ионизирующее излучение, состоящее из заряженных частиц, имеет малую проникающую способность, то для радиационного контроля обычно используют излучение фотонов или нейтронов [10].

Наиболее широко используется рентгеновское излучение (X-лучи). Это фотонное излучение с длиной волны $6 \cdot 10^{-13} \dots 1 \cdot 10^{-9}$ м. Имея ту же природу, что и видимый свет, но меньшую длину волны (у видимого света $4 \dots 7 \cdot 10^{-7}$ м), рентгеновское излучение обладает высокой проникающей способностью и может проходить через достаточно большие толщины конструкционных материалов. При взаимодействии с материалом контролируемого изделия интенсивность рентгеновского излучения уменьшается, что и используется при контроле. Рентгеновское излучение обеспечивает наибольшую чувствительность контроля [10].

Получают рентгеновское излучение в рентгеновских трубках. Испускаемые с накаливаемого катода электроны под действием высокого напряжения разгоняются в герметичном баллоне, из которого откачан воздух, и попадают на анод. При торможении электронов на аноде их энергия выделяется в виде фотонов различной длины волны, в том числе и рентгеновских. Чем больше ускоряющее напряжение, тем больше энергия образующихся фотонов и их проникающая способность.

2.4.3 Приборы на основе радиационного метода

Техническая рентгенография относящаяся к одному из видов неразрушающего контроля (НК), активно применяется для исследований качества сварных соединений, поиска скрытых дефектов в различных конструкциях, диагностики состояния трубопроводов, внутренних повреждений кабелей и так далее. Используя способность коротких рентгеновских лучей проникать на достаточно большую глубину в разнообразные материалы и среды, с разной интенсивностью, в зависимости от наличия скрытых пустот или вкраплений.

В полевых, автономных условиях работы, используют рентгеновский аппарат импульсного действия, представляющий собою достаточно надежное и практичное устройство, с успехом применяемое в самых сложных условиях. Приборы этого типа, доказали свою точность и эффективность. Тем более, что стоимость рентгеновского аппарата импульсного действия значительно ниже аналогов, работающих в постоянном режиме излучения [14].



Рисунок 2.8 – Импульсный рентгеновский аппарат АРИНА-9

Таблица 2.4 – Технические характеристики рентгеновского аппарата АРИНА-9 [14]

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
Масса и габаритные размеры составных частей, не более		
Рентгеновский блок	масса, кг	8,1
	длина* ширина*высота, мм	520*135*215
Пульт управления	масса, кг	6
	длина* ширина*высота, мм	310*260*150
Стоимость, USD		4762

Система прогрева (разгона, тренировки) рентгеновского генератора полностью автоматическая и не требует постоянного участия оператора.

Рисунки 2.9 – 2.11 показывают принцип измерения толщины радиационным методом [10].

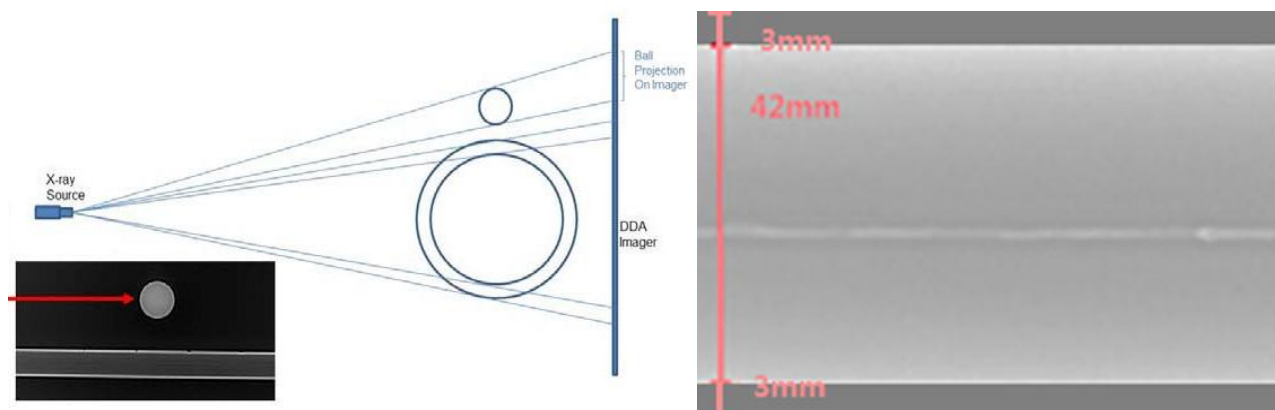


Рисунок 2.9 – Рентгеновская фотография трубы и принцип измерения толщины

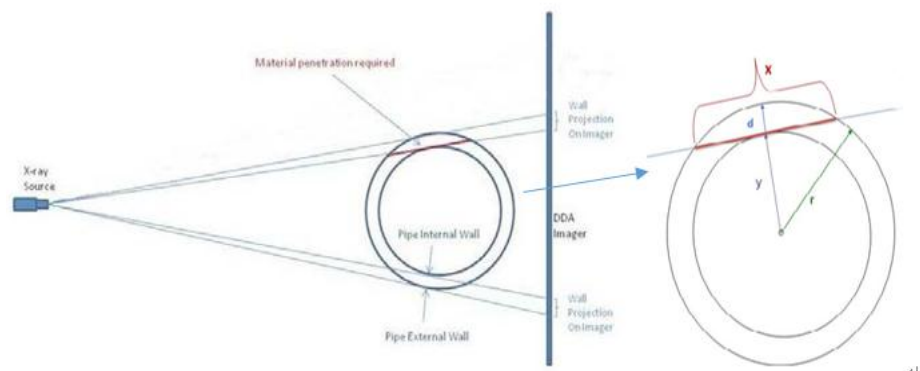


Рисунок 2.10 – Принцип измерения толщины рентгеновским методом

$$x = 2 \cdot \sqrt{2 \cdot r \cdot y - y^2} \quad (2.4)$$

$$y = r - d \quad (2.5)$$

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

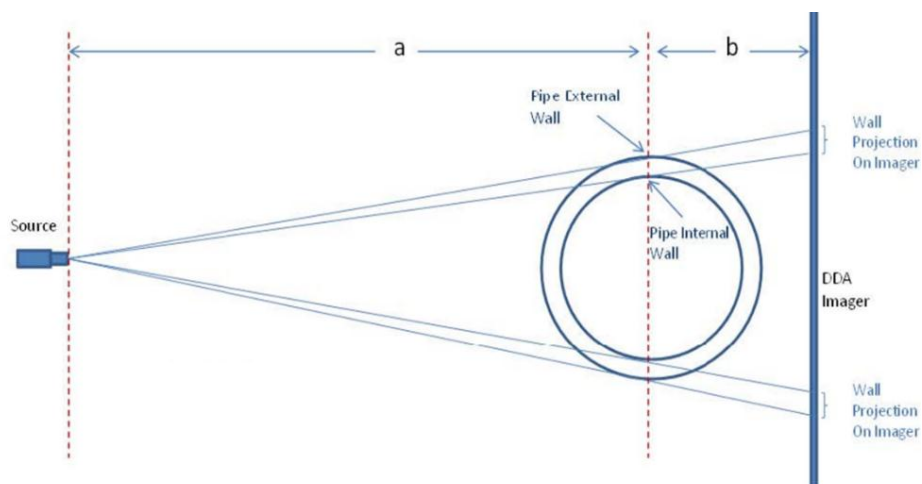


Рисунок 2.11 – Принцип увеличения масштаба

$$M = \frac{a+b}{a} \quad (2.6)$$

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

Аппарат имеет удобный и понятный интерфейс пульта управления, присутствует кнопка аварийного выключения рентгена и есть возможность использовать переносной пульт управления аппаратом HAND-X (опционально, изображён на рисунке расположенном выше), что упрощает работу персонала при работе в сверхсложных условиях [10].

2.5 Визуально-оптический метод

2.5.1 Преимущества метода

Визуально-оптический контроль и визуальный осмотр – наиболее доступный и простой метод контроля деталей. Основные преимущества этого метода – простота контроля, несложное оборудование, сравнительно малая трудоёмкость.

Этот вид контроля отличается от других видов неразрушающего контроля границами спектральной области электромагнитного излучения, используемого для получения информации об объекте контроля. Видимое излучение, т.е. свет, – это излучение, которое может непосредственно вызывать зрительное ощущение. Визуальный контроль – это единственный вид неразрушающего контроля, который может быть выполнен без какого-либо оборудования с использованием простейших измерительных средств [12].

2.5.2 Теоретические основы визуально-оптического метода

Основой визуального контроля являются законы оптики.

1. Закон независимости световых лучей. Независимость световых лучей заключается в том, что они при пересечении не возмущают друг друга, так как пересечение лучей не мешает каждому из них распространяться независимо друг от друга. Следует заметить, что независимость сохраняется в том случае, когда интенсивность света сравнительно невелика. При интенсивностях света, полученных лазером, независимость не наблюдается.

2. Закон отражения. При прохождении света через границу двух прозрачных веществ падающий луч разделяется на два: отраженный и преломленный. Направления этих лучей определяются законами отражения и преломления. Закон отражения гласит, что отраженный луч лежит в одной плоскости с падающим лучом и нормалью, восстановленной в точке падения. Угол падения равен углу отражения.

3. Закон преломления. Согласно данному закону, преломленный луч лежит в одной плоскости с нормалью, восстановленной в точке падения. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных веществ.

2.5.3 Толщинометры на основе визуально-оптического метода

Ручной измеритель толщины (рисунок.2.12) микрометр для измерения толщины стенок труб. Измерительные поверхности оснащены твердым сплавом. Изготавливаются по ГОСТ 6507-90. Цена деления шкалы барабана — 0,01 мм. Измерительное усилие Н 3-7. Допуск плоскостности измерительных поверхностей микрометра для 1-го класса точности равен 0,6 мкм, для 2-го класса точности равен 1 мкм [15].



Рисунок.2.12 – Ручной измеритель толщины

Таблица 2.5 – Технические характеристики аналоговых толщинометров

Модификация толщинометра	Диапазон измерений, мм	Цена деления, мм	Вылет Отсчетного Устройства А, мм, не менее	Пределы допускаемой погрешности, мм		Размах покаяний не более	Измерительное усилие ,н	
				На участке до 1 мм	На всем диапазоне измерений		Не более	Колебание Не более
ТР 10-60	0-10	0,01	60	±0.01	±0.018	1/3 цены деления	1,5	0,6
ТР 25-60	0-25	0,10	60	±0.05	±0.080		4,0	2,0
ТР 25-100	0-25	0,10	100	±0.05	±0.080		4,0	2,0
ТР 25-250	0-25	0,10	250	±0.05	±0.080		4,0	2,0
ТР 25-605	0-25	0,10	60	±0.05	±0.080		Не нормируется	
ТР 25-100Б	0-25	0,10	100	±0.05	±0.080			
ТР 50-160Б	0-50	0,10	160	±0.05	±0.150			



Рисунок.2.13 – Микрометр цифровой для измерения толщины труб

Таблица.2.5 – Аналоговые микрометры для измерения толщины труб

Модель	Цена,USD	Габариты, мм	Цена деления, мкм	Диапазон измеряемых толщин,мм
Производство: VOGEL (Германия)				
Микрометр МТ Vogel для измерения толщин труб 232714	417	6.5x6.5x24	4	0-15
Микрометр МТ Vogel для измерения толщин труб 232713	417	6.5x6.5x20	3	0-25
Микрометры МТ Vogel с круглой и прямоугольной скобой	450	6.5x6.5x20	2	0-15
Производство: Крин (Россия)				
Микрометры МТ для измерения толщин труб Крин МТ 0-25 кп2	105	20x6.5x2.5	1	0-25
Микрометры МТ для измерения толщин труб Крин МТ 0-25 кп1	142	24x6.5x3.5	1	0-25
Микрометры МТ для измерения толщин труб Крин МТ 0-15	173.6	20x6.5x2.5	1	0-15
Микрометры МТ для измерения толщин труб Крин МТ 0-25	113	20x6.5x2.5	1	0-25
Микрометры МТ для измерения толщин труб Крин МТ 25-50	147	20x6.5x2.5	1	25-50

Таблица.2.6 – Цифровые микрометры для измерения толщины труб [18]

Модель	Цена,USD	Габариты, мм	Цена деления, мкм	Диапазон измеряемых толщин,мм
Производство: VOGEL (Германия)				
Микрометры МКЦ Vogel цифровые IP65 с быстрой подачей 232130	460	24x6.5x2.5	2	0-25
Микрометры МТЦ Vogel цифровые для измерения тормозных дисков 231031	575	24x6.5x2.5	4	7,6-33/88
Микрометры МТЦ Vogel цифровые для измерения тормозных дисков 232813	576	24x6.5x2.5	5	0-25
Производство: Крин (Россия)				
Микрометр гладкий цифровой МКЦ-25	87	25 x6.5x2.5	1	0-25
Микрометр гладкий цифровой МКЦ-50	87	25 x6.5x2.5	1	25-50
Микрометр гладкий цифровой МКЦ-75	87	25 x6.5x2.5	1	50-75
Микрометр гладкий цифровой МКЦ-100	87	25 x6.5x2.5	1	75-100
Производство: SHAN (Китай)				
Микрометр МКЦ 0-25	106	183 x86x32	1	0-25
Микрометр МКЦ 25-50	125	183 x86x32	1	25-50

Преимущества:

- Микрометры цифровые для измерения толщины стенок труб и т. д.
- Влагозащита даже с включенным кабелем

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 Составление перечня работ

Научно-исследовательские работы и опытно-конструкторские разработки разбиваются на этапы в соответствии с ГОСТ 15.101-98, (для НИР) ГОСТ Р 15.201-2000 (для ОКР). В зависимости от характера и сложности НИОКР ГОСТ допускает деление этапов на отдельные виды работ.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться от 3 до 15 человек. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. Поэтому необходимо составить перечень этапов и работ по выполнению НИР или ОКР.

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таб 3.1:

Таблица 3.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работы	Должность исполнителя
Постановка целей и задач, получение исходных данных	1	Составление и утверждение задания НИР	Научный руководитель
Проведение НИР			
Выбор направления исследования	2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов и вариантов по теме	Научный руководитель Студент-дипломник,
	3	Выбор варианта исследования и способов анализа	Научный руководитель
	4	Календарное планирование работ	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов, обоснований разработка моделей для исследования и анализ получаемого результата	Руководитель, консультант, студент-дипломник
	6	Реализация моделей	Студент-дипломник
	7	Анализ результата и поиск методов решения	Руководитель, консультант, Студент-дипломник
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных результатов, выводы	студент-дипломник, консультант
	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, консультант, студент-дипломник
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл.3.1.

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 $t_{ожi}$ используется следующая формула:

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

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

$t_{\min i}$ – 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_{pi} , 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 %.

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

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

$t_{ожіi}$ – 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:

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

где $T_{ки}$ – 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 $T_{\text{КАЛ}}$ – календарные дни ($T_{\text{КАЛ}} = 366$);

$T_{\text{ВД}}$ – выходные дни ($T_{\text{ВД}} = 52$);

$T_{\text{ПД}}$ – праздничные дни ($T_{\text{ПД}} = 12$).

В таблице 3.2 приведены длительность этапов работ и число исполнителей, занятых на каждом этапе.

Таблица 3.2 – График проведения научного исследования

№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		t_{\min} чел-дн	t_{\max} чел-дн	$t_{\text{ож}}$ чел-дн	T_p раб-дн	T_k кал-дн	U_i , %	Γ_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 руководитель	3	5	3.8	3.8	6	6.06	43.43
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		

На основе Таблица 3.2 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

3.4 Построение графика работ

Наиболее удобным и наглядным видом календарного плана работ является построение ленточного графика проведения НИР в форме диаграмм Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в рамках таблицы 3.3 с разбивкой по месяцам и неделям (7 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике выделяются различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу.

Таблица 3.3 – Календарный план проведения НИР

Этап	Вид работы	Исполнители	t _к	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь
1	Составление и утверждение задания НИР	Научный руководитель	15	■	■			
2	Изучение поставленной задачи и поиск материалов и вариантов по теме	Научный руководитель, Студент-дипломник	15		■	■		
3	Выбор варианта исследования и способов анализа	Научный руководитель	7		■			
4	Календарное планирование работ	Научный руководитель	6		■			
5	Проведение теоретических расчетов, разработка моделей для исследования и анализ получаемого результатов	Руководитель, консультант, студент-дипломник	11		■	■		
6	Реализация моделей	Студент-дипломник,	18			■	■	
7	Анализ результата и поиск методов	Руководитель, консультант,	5				■	■

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;

- покупные материалы, используемые в процессе создания научно-технической продукции для обеспечения нормального технологического процесса и для упаковки продукции или расходуемых на другие производственные и хозяйственные нужды (проведение испытаний, контроль, содержание, ремонт и эксплуатация оборудования, зданий, сооружений, других основных средств и прочее), а также запасные части для ремонта оборудования, износа инструментов, приспособлений, инвентаря, приборов, лабораторного оборудования и других средств труда, не относимых к основным средствам, износ спецодежды и других малоценных и быстроизнашивающихся предметов;

- покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, подвергающиеся в дальнейшем монтажу или дополнительной обработке;

- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований (испытаний) и для эксплуатации, технического обслуживания и ремонта изделий – объектов испытаний (исследований);

В материальные затраты, помимо вышеуказанных, включаются дополнительно затраты на канцелярские принадлежности, диски, картриджи и т.п. Однако их учет ведется в данной статье только в том случае, если в научной организации их не включают в расходы на использование оборудования или накладные расходы. В первом случае на них определяются соответствующие нормы расхода от установленной базы. Во втором случае их величина учитывается как некая доля в коэффициенте накладных расходов.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расxi}, \quad (3.5)$$

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, м² и т.д.);

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Значения цен на материальные ресурсы могут быть установлены по данным, размещенным на соответствующих сайтах в Интернете предприятиями-изготовителями (либо организациями-поставщиками).

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. 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
Итого:				1347,25

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

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. В моей работе не используются специальное оборудование. Следовательно, считаем, что нет затрата на специальное оборудование для

научных работ.

3.5.3 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:

Зарплата руководителя: 1.4 тыс. руб./ дн;

Зарплата студент-дипломника: 0.8 тыс. руб./ дн;

Зарплата консультанта: 1.4 тыс. руб./ дн.

Таблица 3.6 – Затраты на основную заработную плату

№. п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.- дн.	Зарплата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб
1	Составление и утверждение задания НИР	Научный руководитель	15	1.4	21
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 анализ получаемого результата	Руководитель, консультант, студент-дипломник	11	3.6	39.6
6	Реализация моделей	Студент-дипломник	18	0.8	14.4
7	Анализ результата и поиск методов решения	Руководитель консультант,	5	3.6	18

		Студент-дипломник			
8	Анализ полученных результатов, выводы	студент-дипломник, консультант	5	2.2	11
9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель консультант, студент-дипломник	3	3.6	10.8
10	Составление пояснительной записки	Студент-дипломник	14	0.8	11.2
Итого					211.3

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (3.6)$$

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

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

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} * 15\% = 31695 \text{ руб.}$$

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

Следовательно, суммирующая работная затрата равна:

$$Z_{\text{сум}} = (Z_{\text{доп}} + Z_{\text{доп}}) * (1 + k_{\text{рай}}) = 315893.5 \text{ руб.} \quad (3.7)$$

3.5.4 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:

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

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

На 2014 г. в соответствии с Федеральным закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58

закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30% .

$$Z_{\text{внеб}} = 30\% * 315893.5 = 94768.05 \text{ руб.}$$

3.5.5 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:

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

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, накладные расходы равны:

$$Z_{\text{накл}} = 412008,8 \cdot 0,16 = 65921,408 \text{ руб.}$$

3.5.6 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 НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты НТИ	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	211300	Пункт 4.5.3
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	31695	Пункт 4.5.3
суммирующая работная затрата	315893,5	Пункт 4.5.3
Отчисления во внебюджетные фонды	94768,05	Пункт 4.5.4
Накладные расходы	65921,408	Пункт 4.5.5
Бюджет затрат НТИ	477930,208	Сумма ст. 1,5,6,7

3.6 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:

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

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

Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{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 разгах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах (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 – бальная 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. Универсальность	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

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

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

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

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 (\mathcal{E}_{cp}):

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

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

