

**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
Контрольно-измерительные рулетки для резервуаров с нефтепродуктами УДК 681.124.44:531.716.3:622.692.23

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б6А	Левченко Максим Владимирович		

Руководитель ВКР

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

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Владимировна	к.т.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Мойзес Борис Борисович	к.т.н., доцент		

Томск 2020 г.

*Планируемые результаты освоения*

<b>Код</b>	<b>Результат обучения (выпускник должен быть готов)</b>	<b>Требование ФГОС ВО, критериев и/или заинтересованных сторон</b>
<i>Общекультурные и общепрофессиональные компетенции</i>		
<b>P1</b>	Эффективно 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	Требования ФГОС (ОК-1,2,6,ОПК-4,ОПК-8) Критерий 5 АИОР (п. 1.6, 2.3, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P2</b>	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	Требования ФГОС (ОК-1, 2, 3, 4, 6, 8, 9, ОПК-1, 3, 10) Критерий 5 АИОР (п. 1.1, 1.3, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P3</b>	Осуществлять коммуникацию в профессиональной среде и в обществе, в т.ч. на иностранном языке	Требования ФГОС (ОК-5, 6, ОПК-8, ПК-17) Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P4</b>	Самообучаться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-7, 8, 9) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P5</b>	Собирать, хранить и обрабатывать информацию, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности при соблюдении основных требований информационной безопасности	Требования ФГОС (ОПК-2, 5-9) Критерий 5 АИОР (п. 2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Профессиональные компетенции</i>		
<b>P6</b>	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования, анализировать и обрабатывать их результаты с использованием инновационных методов моделирования и компьютерных сетевых технологий	Требования ФГОС (ПК-1-4). Критерий 5 АИОР (п. 1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P7</b>	Проектировать, конструировать системы, приборы, детали и узлы с учетом обеспечения технологичности конструкции с учетом возможных рисков	Требования ФГОС (ПК-1-6, 8) Критерий 5 АИОР (п. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P8</b>	Проводить мероприятия комплексной подготовки производства в сфере профессиональной деятельности с использованием ресурсоэффективных технологий	Требования ФГОС (ПК-8-18) Критерий 5 АИОР (п. 1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<b>P9</b>	Обеспечивать эксплуатацию и обслуживание информационно-измерительных средств, приборов контроля качества и диагностики	Требования ФГОС (ПК-7, 19-23) Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

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

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Б6А	Левченко Максим Владимирович

Тема работы:

Контрольно-измерительные рулетки для резервуаров с нефтепродуктами

Утверждена приказом директора (дата, номер)

№51-61/с от 20.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:

08.06.2020

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Произвести обзор методов и средств контроля уровня нефтепродуктов
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. Требования стандартов к измерению уровня нефтепродуктов. 2. Обзор существующих методов и средств контроля уровня нефтепродуктов с использованием измерительных рулеток.
<b>Перечень графического материала</b>	По каждому методу пояснительный лист
<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
1Б6А	Левченко Максим Владимирович		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1Б6А	Левченко Максиму Владимировичу

<b>Школа</b>	<b>ИШНКБ</b>	<b>Отделение Школа</b>	<b>ОКД</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление/специальность</b>	Приборостроение

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
--	--

<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
--	---

<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>
---	--

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

<i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
---	---

<i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
---	--

<i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
---	--------------------------------------

<i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>
---	---

**Перечень графического материала**

Оценка конкурентоспособности ИР  
Матрица SWOT  
Диаграмма Ганта  
Бюджет НИ  
Основные показатели эффективности НИ

<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 ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	К.Т.Н доцент		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1Б6А	Левченко Максиму Владимировичу		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1Б6А	Левченко Максим Владимирович

<b>Школа</b>	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	Электронной инженерии
<b>Уровень образования</b>	Бакалавр	<b>Направление</b>	12.03.01 Приборостроение

**Тема ВКР:**

*Контрольно-измерительный рулетки для резервуаров с нефтью*

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

1. Характеристика объекта исследования	Объект исследования – Контрольно-измерительные рулетки для резервуаров с нефтью Рабочая зона – 18 корпус, 507 аудитория (аудитория) Оборудование – ПЭВМ.
--	--

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

<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны (18 корпус, 507 аудитория).
<b>2. Производственная безопасность</b> 2.1. Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов на рабочем месте в 507 аудитории 18 корпуса. 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия выявленных вредных факторов и опасных факторов. 2.3. Обоснование мероприятий по снижению воздействия выявленных опасных факторов.	Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы (ссылаясь на соответствующий нормативно-технический документ) при исследовании контрольно-измерительных рулеток на ПП в 507 аудитории 18 корпуса: – поражение электрическим током; – неудовлетворительное освещение; – повышенные уровни шума; – повышенные уровни напряженности электростатического поля,
<b>3. Экологическая безопасность</b>	– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы, утилизация компьютерной техники и периферийных устройств); – решение по обеспечению экологической безопасности.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	– Анализ возможных ЧС при исследовании контрольно-измерительных рулеток на ПП в 507 аудитории 18 корпуса; – анализ наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.

	– Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
--	---

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель отделения общетехнических дисциплин	Гуляев Милий Всеволодович			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б6А	Левченко Максим Владимирович		

**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»  
Уровень образования бакалавриат  
Отделение контроля и диагностики  
Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа
---------------------

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН  
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	8.06.2020 г.
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.11.2019	Обзор источников информации	20
29.11.2019	Формулирование целей и задач работы, формулирование предмета и объекта разработки	5
11.03.2020	Проведение инженерных расчетов, разработка конструкции объекта	20
11.05.2020	Разработка плана эксперимента и его проведение экспериментов	20
29.05.2020	Анализ полученных результатов и выводы о достижении цели в основном разделе ВКР	5
29.05.2020 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
05.06.2020 г.	Оформление ВКР и презентационных материалов	20

Составил преподаватель:

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

**СОГЛАСОВАНО:**

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



## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа 90 с., 24 рис., 23 табл., источников, 25.

Ключевые слова: измерительная рулетка, измерение уровня, границы раздела многофазных сред.

Объектом исследования являются электронные измерительные рулетки.

Цель работы – исследование электронных контрольно-измерительных рулеток.

В процессе исследования проведен обзор существующих электронных измерительных рулеток, их структурной схемы, конструкции. Проанализирован принцип действия.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: измерения уровня нефти от 0 до 18 м, измерение температуры от -20 до 70 °С.

Степень внедрения: проведены исследования электронных рулеток

Область применения: в нефти-газовой промышленности

Экономическая эффективность/значимость работы: контроль уровня и температуры нефти.

В будущем планируется проектировка измерительной рулетки

## **Определение, обозначения, сокращения, нормативные ссылки**

**В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты**

1. ГОСТ 31385-2016 Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов.
2. ГОСТ 24802-81 «Приборы для измерения уровня жидкости и сыпучих веществ»
3. ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические.
4. ISO 4512:2000 Petroleum and liquid petroleum
5. ISO 4512:2000 Petroleum and liquid petroleum products — Equipment for measurement of liquid levels in storage tank

## **Определения**

В данной работе используются следующие термины с представленными определениями:

Уровень – граница, разделяющая жидкость от выше расположенного газа

Уровнеметрия – процесс измерения высоты уровня

Сокращения

УЗ – ультразвук

ЭВМ – электронная вычислительная машина

## Оглавление

Введение .....	12
1 Анализ методов и средств измерения уровня жидкости.....	15
1.1 Основные параметры жидких сред.....	15
1.2 Объект измерения .....	16
1.3 Факторы, влияющие на точность измерения уровня нефти .....	17
1.4 Факторы, влияющие на качество измерений .....	18
1.5 Классификация методов измерения и контроля уровня жидких сред .....	18
1.5.1 Поплавковый уровнемер .....	20
1.5.2 Буйковый уровнемер .....	22
1.5.3 Емкостной уровнемер .....	23
1.5.4 Ультразвуковой уровнемер .....	25
1.5.5 Радарный уровнемер .....	27
2 Механические измерительные рулетки .....	29
2.1 Измерений уровня нефти с использованием механической рулетки	29
2.2 Требования при проведении измерения уровня нефти механической рулеткой .....	29
2.3 Обзор существующих механических рулеток .....	31
3 Электронные измерительные рулетки .....	35
3.1 Обзор электронных рулеток .....	35
3.2 Характеристики рулетки .....	37
3.3 Структурная схема .....	38
3.4 Измерения уровня электронной рулеткой .....	39
3.5 Принцип работы электронной рулетки.....	40
3.5.1 Конструкция электронной измерительной рулетки .....	40
3.5.2 Измерения уровня раздела газ-нефть .....	42
3.5.3 Измерение уровня раздела нефть-подтоварная вода .....	43
3.5.4 Измерение температуры нефтепродуктов .....	45
4 Финансовый менеджмент, ресурс эффективность и ресурсосбережение ...	50

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	51
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений .....	51
4.1.2 SWOT-анализ .....	53
4.2 Планирование работ по научно-техническому исследованию .....	56
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	56
4.2.2 Определение трудоемкости этапов НИР и построение графика работ.....	57
4.2.3 Построение графика работ .....	59
4.3 Бюджет научно-исследовательского проекта .....	60
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-исследовательского проекта.....	61
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования .....	61
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей НИП .....	63
4.3.4 Дополнительная заработная плата .....	65
4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонд (страховые отчисления) ..	64
4.3.6 Накладные расходы .....	66
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ....	67
5 Социальная ответственность .....	72
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	72
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства .....	73
5.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны ..	73
5.2 Производственная безопасность .....	73
5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований .....	74
5.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия потенциально	

возможных вредных и опасных факторов .....	75
5.3 Экологическая безопасность .....	82
5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду ..	82
5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	83
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	84
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснования мероприятий по предотвращению ЧС .....	84
5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС .....	86
Заключение .....	88
Список используемых источников.....	89

## Введение

Одним из самых приоритетных направлений в наши дни в информационно-измерительной технике – измерение и контроль уровня жидких, а также сыпучих сред. Актуальность этой проблемы наиболее широко представлена во множестве областей современной промышленности: в нефтегазовой отрасли, на предприятиях газовой промышленности, а также в пищевой промышленности. В дальнейшей работе будет рассмотрено измерение уровня и температуры нефти в резервуаре с помощью контрольно-измерительных рулеток.

Контроль в резервуарах проводится с целью контроля массы и объема продукта, которых содержится в них. В нефтегазовом деле в первую очередь производится статическим методом учет. Чтобы воспользоваться которым, необходима информация о уровне, температуре и давлении нефти, находящейся в резервуаре. Существует ряд методов измерить уровень, а также температуру и давление. Выбор метода уровнеметрии зависит от большого количества параметров, в первую очередь, от вида резервуара, жидкости, а также способа эксплуатации жидкости.

Резервуары зачастую содержат в себе солидные объемы дорогостоящего продукта. Таким образом, точность уровнеметрии невероятно, чтобы оценить, содержащийся в ней продукт. Измерять уровень необходимо проводить для крупных емкостей на нефтеперерабатывающих заводах, складах нефти, в трубопроводах, а так же в авиасообщении, т.е в терминалах и аэропортах. Наиболее часто используются четыре вида резервуаров, в которых хранится продукт: в форме цилиндра, с плавающей крышей, с неподвижной, а также сферической и горизонтальной формы, при работе с большим давлением. Для каждого из перечисленных типов резервуаров разработана своя система учета.

Кроме измерения уровня, для достоверной оценки содержимого резервуара необходимо измерение температуры. У каждой жидкости есть

коэффициент теплового расширения, и необходимо оставлять соответствующий запас при перемещении объемов в иные температурные условия. Для текущей оценки средней плотности и расчета массы продукта зачастую измеряется давление жидкости. В современных системах учета в резервуаре измерения преобразуются в цифровую форму. В ней информация о резервуаре передается в операторскую, откуда данные об объеме и массе жидкости передаются пользователям.

### Цели учета уровня в резервуарах

Учет проводится в различных целях. В первую очередь информация, полученная в процессе, используется:

- в системах учета, контроля и перемещения потоков;
- для контроля запасов на складе;
- при передаче материала потребителю;
- для оптимизации потерь и контроля материально-сырьевого баланса;
- для сверения объемов;
- для защиты от краж;
- с целью обнаружения утечек.

Области, в которых необходимо проводить учет.

Учет необходим во всех случаях хранения жидкостей в больших резервуарах. Такие резервуары используются:

- На нефтеперерабатывающих заводах;
- В нефтехимической промышленности;
- В распределительных терминалах;
- В трубопроводных терминалах;
- На топливных складах;
- На складах авиатоплива в аэропортах;
- В хранилищах химикатов.

В каждой из представленных областей широко используются множество видов уровнемеров, в том числе контактный тип (емкостные, электромеханические и термические), а также и бесконтактные (акустические и радиационные). Каждая из представленных разновидностей уровнемеров

обладают значительными недостатками, которые не позволяют использовать универсальный прибор, измерения и контроль уровня нефти проводится в различных резервуарах, нефтепродукты обладают различными свойствами, поэтому зачастую не представляет возможным достичь необходимого диапазона и точности измерений.

С целью устранения данных недостатков наиболее предпочтительными являются измерительные системы измерения уровня нефтепродуктов, которые позволяют определять границы раздела сред (газ-нефть, нефть-вода), которые основаны на оригинальных математических моделях и связанные с большим количеством физических величин. Одним из наиболее подходящим вариантов являются электронные многофункциональные измерительные рулетки, главным их преимуществом является мобильность, достаточная универсальность, а также точность полученных измерений.

Важно отметить, что данная ниша относительно свободна, в технической литературе почти полностью отсутствуют варианты реализации данных приборов, практически же реализовано несколько дорогостоящих вариантов, которые будут рассмотрены далее, таким образом исследование и новые варианты реализации крайне актуальны.



# 1 Анализ методов и средств измерения уровня жидкости

## 1.1 Основные параметры жидких сред

Основные параметры жидких сред:

-уровень продукта в резервуаре,  $H$  [м], характеризующий расположение границы раздела газ-нефть, или нефть-вода, относительно точки емкости, взятой за начало отсчета

-объем,  $V$  [м<sup>3</sup>], характеризует сколько пространства резервуара занимает продукт.

-масса,  $m$  [кг], величина, характеризующая количество вещества продукта

Следует заметить, что объем, занимаемый в емкости зависит от уровня.

Объем, а соответственно можно определить в соответствии с функцией

$$V = f(H), \quad (1)$$

где  $f(H)$  – калибровочная характеристика

Следует отметить, что калибровочная характеристика уникальная и составляется отдельно для каждого резервуара, этот процесс называется тарировкой

Масса и объем произвольно взятого продукта связаны следующим отношением

$$m = \rho_t V_t \quad (2)$$

где  $\rho_t$  – плотность, при заданной температуре  $t$ , кг/м<sup>3</sup>

$V^t$  - объем при заданной температуре

Еще один важный параметр жидкости –  $\rho$ , плотность, который связан со многими другими характеристиками жидких сред. Плотность жидкости выражается в абсолютном и относительном виде. Абсолютная – масса вещества, заключенная в единице объема

$$\rho = \frac{m}{V}, \quad (3)$$

Представленные выше характеристики связаны следующей формулой

$$M = pV = pf(H), \quad (4)$$

Данная формула показывает возможность определения уровня жидкости через плотность, массу и объем, если известна градуировочная (калибровочная) функция.

Важно отметить, что электродинамические свойства жидкости характеризуются удельной электрической проводимостью  $\sigma$ , диэлектрической  $\epsilon$ , а также магнитной проницаемостью  $\mu$ . Каждый из этих параметров зависит от температуры и частоты.

Значение диэлектрической проницаемости также зависит и от частоты, с которой проводятся измерения. Диэлектрическая проницаемость жидких параметров, как правило находится в диапазоне 1,8-120.

## **1.2 Объект измерения**

Перед рулетками стоит задача измерения температуры, уровня нефти и раздела сред нефть-подтоварная вода в резервуаре

Согласно ГОСТ 31385-2016 резервуар с нефтью – наземное строительное сооружение, которое служит хранения, приема, а также измерения объема и выдачи нефтепродуктов. По этому ГОСТ в резервуарах с нефтью следует контролировать и температуру нефти, «температуру вспышки нефти» - температуры при которой происходит воспламенение нефтепродуктов.

На рисунке номер 15 представлена схема резервуара с нефтью

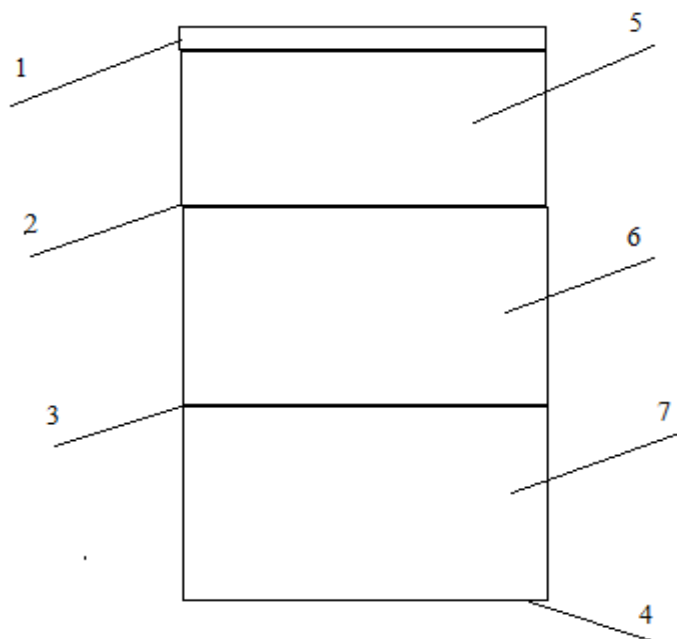


Рисунок 1 – Резервуар для хранения нефти

1. Крышка резервуара. 2. Граница раздела газ-нефть. 3. Граница раздела нефть-подтоварная вода. 4. Днище. 5. Воздух. 6. Нефть. 7. Подтоварная вода

В пунктах 1.5 рассмотрены методы для измерения уровня жидкости, некоторые из них подходят исключительно для измерения уровня неагрессивных сред, или неподходящих по параметрам для измерения нефти, а также позволяют измерять только одну границу раздела сред.

### 1.3 Факторы, влияющие на точность измерения уровня нефти

Из факторов, влияющих на измерения уровня нефти выделяют:

- относительная погрешность средства измерения;
- метод измерения, характеризуется повторяемостью измерения в одних и тех же условиях;
- скорость получения результата измерения (данное свойство зависит от корректно составленного плана и методики замеров, уровня автоматизма и обработки полученной информации)
- единство измерений – свойство, определяющие соответствие размеров единиц измерения, в пределах установленной погрешности.

## **1.4 Факторы влияющие на качество измерений**

Выделяют следующие влияющие показатели:

- эргономические показатели, т.е. удобства, характеризующие систему «человек — объект измерения — средство измерений»;
- показатели, характеризующие уровень экологического воздействия на окружающую среду, при проведении измерений;
- от климатических условий окружающей среды, при проведении замеров;
- условий безопасности обслуживающего персонала, осуществляющего измерения;
- от умений и навыков измерения инженера, проводящего замеры, таких, как острота зрения и другие факторы.

## **1.5 Классификация методов измерения и контроля уровня жидких сред.**

В наши дни приоритетное значение приобретают вопросы увеличения эффективности производства и качества выпускаемой продукции. Основным путем решения данных проблем является автоматизация технологических процессов, которая требует быстрого и высокоточного измерения большого количества электрических и неэлектрических параметров технологических процессов, передачи данных из большого количества, зачастую удаленных мест, преобразования их в подобающий с целью использования вид.

По этой причине неотъемлемую, а зачастую и важнейшую часть, современных автоматизированных систем управления разнообразных технологическом процессов являются многовариативные средства измерения и контроля, которые в свою очередь представляют возможность вовремя получать и обрабатывать необходимую информацию.

Кратко рассмотрим существующие уровнемеры, при этом важно отметить, что эффективность доступных уровнемеров в первую очередь зависит от метрологических характеристик, поэтому электронные

измерительные рулетки хорошо подходят для данных задач, так как существует возможности реализации различных систем измерения в них.

Приборы, которые используются для проведения контроля, а также измерения уровня жидкостей в резервуарах, емкостях и сосудах, т.е. уровнемеры подразделяются на 2 вида, в зависимости от поставленных задач:

на сигнализаторы уровня (эти приборы используются в тех ситуациях, когда необходимо получать информацию только о достижении жидкостью заданного уровня;

на измерители уровня (в данном случае существуют необходимость проводить постоянное измерения уровня жидкости.

Все существующие в настоящее время методы контроля и измерения уровня жидких сред, классифицированные по принципу действия можно условно про дифференцировать на четыре большие группы: механические, электрические, а также акустические и электромагнитные, их классификация предоставлена на рисунке 2.

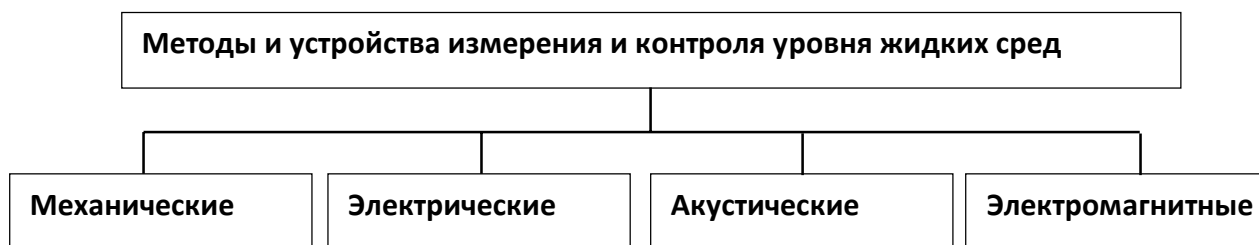


Рисунок 2 – Классификация уровнемеров жидких сред

Механические устройства измерения уровня позволяют измерить жидкости в зависимости от изменения следующих механических параметров: давления, положения поплавка, шкалы метрштока.

Классификация механических уровнемеров:

- Гидростатические;
- Пневматические;
- Поплавковые;
- Весовые;

- Вибрационные.

В электрических уровнемерах измерение происходит за счет сопротивления или емкости.

Электрические уровнемеры:

- Емкостные
- Кондуктометрические

В электромагнитных устройствах используются электромагнитные волны.

Классификация электромагнитных уровнемеров:

- Временные;
- Частотнорезонансные;
- Фазовые;
- Отоэлектрические;
- Радиочастотные.

Следует отметить, что каждое техническое устройство, использующиеся в наши дни для измерения, а также контроля уровня, по степени использования можно приблизительно оценить численными показателями: 23 % - занимают поплавковые уровнемеры; 21 % – вибрационные уровнемеры; 20 % - гидростатические; 15 % - емкостные, 14 % - волновые; 5% - кондуктометрические уровнемеры; 2% - прочие устройства

При этом электронные измерительные рулетки нельзя отнести к одной конкретной группе, это связано с тем, что в них могут использоваться различные методы измерения.

Далее приведен обзор и анализ существующих уровнемеров

### **1.5.1 Поплавковый уровнемер**

Согласно ГОСТ 24802-81 «Приборы для измерения уровня жидкости и сыпучих веществ» [] - поплавковый уровнемер - уровнемер, который основан на измерении перемещения поплавка, частично погруженного в жидкость.

Кратко рассмотрим физические основы и принцип работы поплавкового

уровнемера

Поплавки – неотъемлемая часть датчика уровня и уровня раздела двух и более сред, в электронной измерительной рулетке – зонд, в котором располагаются датчики. На поплавок, погруженный в жидкость (нефтепродукт), согласно закону Архимеда, действует сила, которая равна силе тяжести, вытесненной телом жидкости.

На рисунке 3 предоставлены примеры поплавковых уровнемеров.



Рисунок 3 – Примеры поплавков, используемых в уровнемерах.

Реальный поплавок, в отличие от свободно плавающего, имеет также дополнительную нагрузку. На него помимо собственной силы тяжести и силы Архимеда также действуют силы кинематической связи с датчиками перемещений, сил трения, а также силы сопротивления.

Конструктивно поплавки изготавливают в виде цилиндрических, шаровидных или же комбинированных тел (рисунок 2), изготавливаются они из металла или же пластических материалов, могут быть сплошными или пустотелыми, обладают большой вариативностью диаметров и приведенной плотностью, в зависимости от плотности жидкости с целью обеспечения плавучести.

Основным преимуществом данного метода являются его низкая цена, недостатком же высокая погрешность и ограниченность в использовании.

Важно отметить, что поплавковые уровнемеры не подходят для резервуаров с нефтью, по причине невозможности измерений ими в вязких средах, поэтому дальнейшее рассмотрение этого метода нецелесообразно

### 1.5.2 Буйковый уровнемер

Принцип работы буйкового уровнемера основан на позиционировании маленького и короткого буйка относительно границы раздела двух других сред, и в соответствии с изменением силы тяжести буйка, при переходе буйка из одной среды в другую

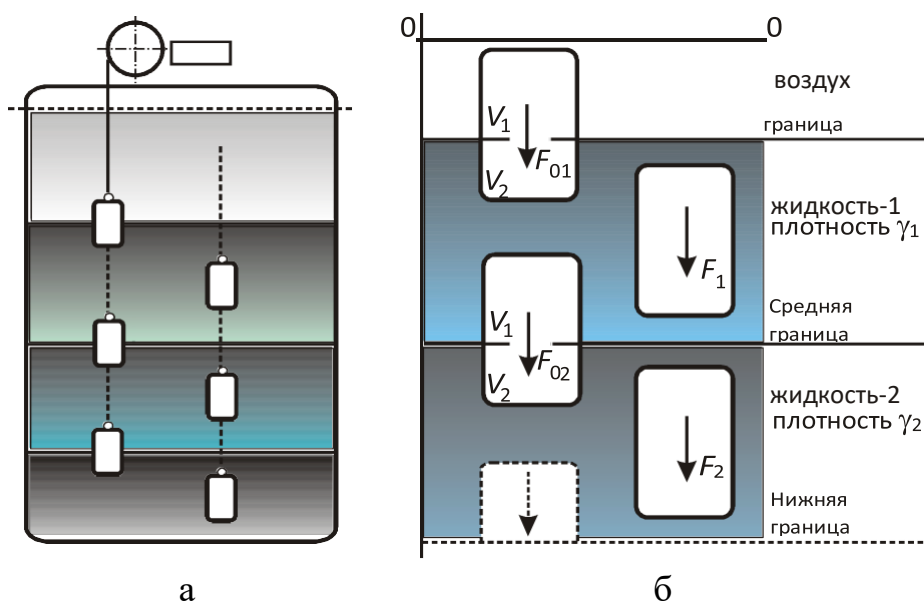


Рисунок 4 – Функционирование буйкового уровнемера (а) и расчет действующих усилий (б)

При проведении контроля на котором происходит раздел сред боек обязан располагаться так, чтобы граница раздела двух сред проходила перпендикулярно телу буйка, при этом условно разделяя его общий объем  $V$  на две неэквивалентные части:  $V_1$ , располагающийся в «верхней» и  $V_2$  – в «нижней» части жидкости. При этом  $V_1 + V_2 = V$ . По закону выталкивающей



силы Архимеда, каждая часть из вытясненных жидкостей создает выталкивающую силу, при этом также уменьшается сила тяжести буйка. Таким образом очевидно, что измерение границы раздела среда с помощью буйкового уровнемера происходит за счет разницы действующих сил тяжести на буюк, который находится в разных средах.

При измерении производится расчет усилий, для каждой подлежащей контролю границы раздела, помещаются в память обрабатывающего устройства. Контроль этих значений позволяет избирательно наблюдать за изменением положения границы раздела различных жидких сред.

На рисунке 5 представлен пример буйкового уровнемера Proservo, а также его кинематическая схема

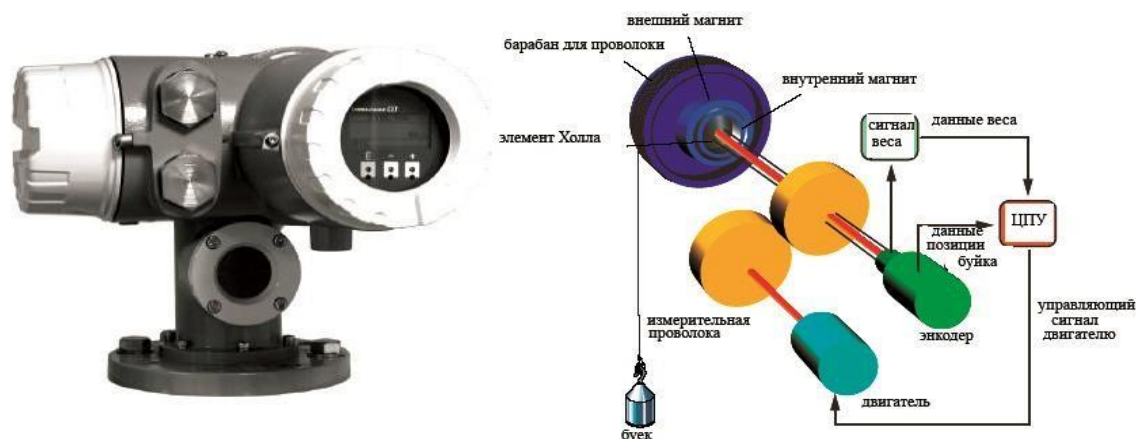


Рисунок 5 – Буйковый уровнемер Proservo и его кинематическая схема

Для разбираемой в данной работе задаче буйковый уровнемер не подходит по причине отсутствия возможности измерения газ-нефть, а соответственно с затрудненными измерениями уровня нефти.

### 1.5.3 Емкостной уровнемер

Емкостная уровнеметрия основана на корреляции электрической емкости конденсаторного преобразователя, который состоит из одного или

более цилиндров, стержней, или обкладок, частично введенных в измеряемую жидкость, от высоты уровня жидкости или сыпучего вещества.

Емкостные уровнемеры также схожи с радиочастотным методом, в основном датчики исполняются в виде зондов

Отличительной емкостных уровнемеров является огромное разнообразие конструкций и возможность применения в различных задачах

Емкостные датчики имеют возможность работать в агрессивных средах, что неоспоримо полезно при контроле резервуаров с нефтью.

Также важными преимуществами являются малая инерционность, которая достигается путем выбора необходимой частоты питания датчика, высокая точность, достаточный диапазон измерений, от 0 до 20м), согласно ГОСТ 31385-2016 резервуары с нефтью не превышают 18м, а также сравнительно низкая цена.

Емкостной уровнемер основан на использовании различия электрических свойств различных сред. При измерении уровня основной параметр – диэлектрическая проницаемость. Электрическая емкость датчика, который помещен в контролируемый продукт, изменяется в зависимости от уровня жидкости. Принцип работы емкостных зондов основан на приложении постоянного напряжения к металлическому стержню и мониторинга протекающего тока. Данный ток пропорционален емкости, при измерении в диэлектрике, от стержня ко второму электроду, радиочастотные зонды отличаются от индуктивных различных частот измерений, в основном они эквивалентны.

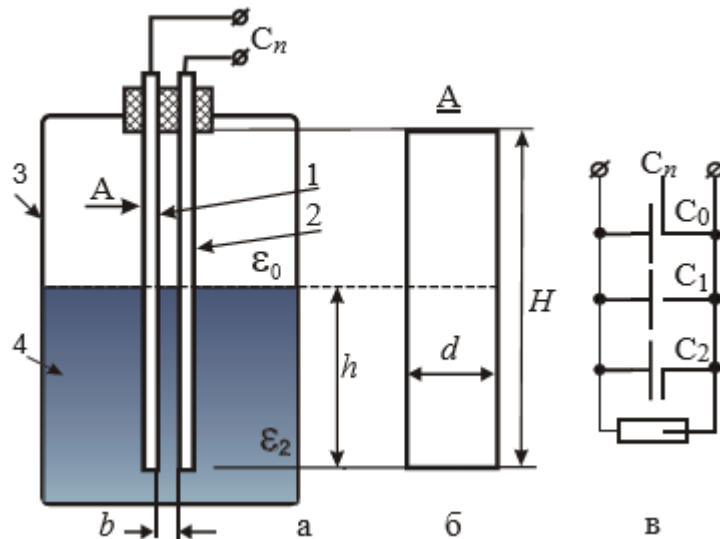


Рисунок 6 – Емкостной «плоскость-плоскость» преобразователь уровня непроводящих сред.

Рассмотрим принцип работы емкостного преобразователя для измерения уровня неэлектропроводной жидкости, он представлен в виде двух плоских металлических электродов с размера  $d$  и  $H$ , которые расположены относительно друг друга с зазором  $b$  (рисунок 6). Для каждого из значений уровня  $h$  жидкости в резервуаре значения емкости, которой обладает преобразователь, как емкость двух параллельно соединённых конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$ , один из них определяются частью электродов  $(H-h)$ , который располагается в газовой плоскости

#### 1.5.4 Ультразвуковой уровнемер.

В ультразвуковом уровнемере основным информативным параметром является время, за которое импульс проходит через контролируемую среду, жидкую, газовую или твердую

Существует несколько вариантов реализации датчиков, которые используют время прохождения в качестве основного измеряемого параметра, они проиллюстрированы на рисунке 6, они могут работать в различных

режимах: импульсном, фазовом и частотно-импульсном. В основном в практически реализованных уровнемерах используется время-импульсный вариант реализации.

Измеряя скорости распространения ультразвуковых волн в газовой  $c_1$  и жидкой среде  $c_2$  существует возможность контролировать уровень жидкости, или газа за счет измерения времени прохождения ультразвукового импульса от источника 1 до ресивера 2. На рисунке 7,в представлено расположение на крышке и дне сосуда, на рисунке 7,б измерение границы раздела газ-вода, а на рисунке 7,а измерение уровня жидкости в резервуаре.

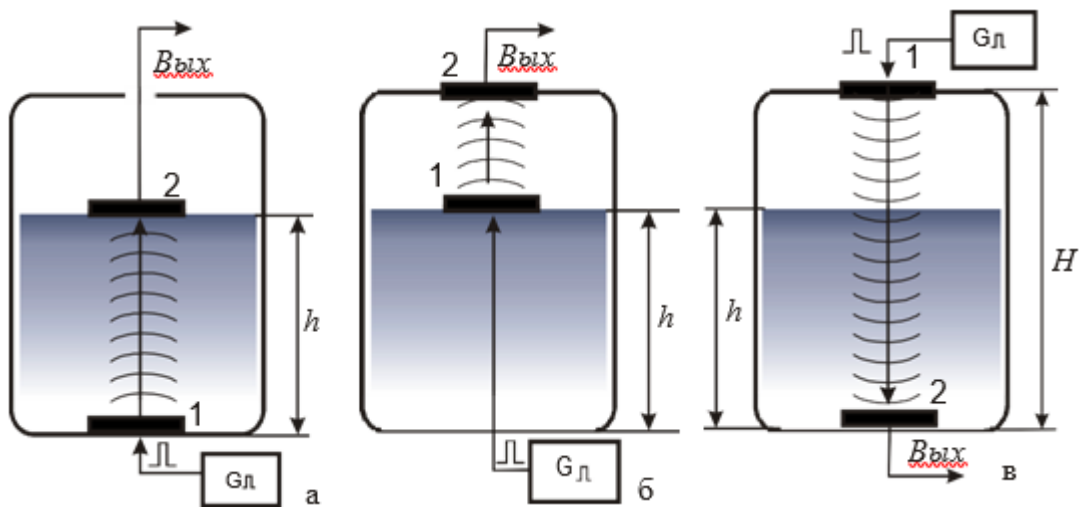


Рисунок 7 – Акустические уровнемеры «прямого зондирования»

В данном случае производится зондирование высоты емкости  $H$ , при этом суммарное время за которое ультразвуковой импульс проходит свой путь

$$\Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2, \quad (5)$$

Где

$\Delta t_1$  – время прохождения газового промежутка  $(H-h)$ ,

$\Delta t_2$  – время прохождения слоя жидкости  $h$ .

Также  $\Delta t_1 = (H-h)/c_1$  и  $\Delta t_2 = h/c_2$ .

Решая совместно систему уравнений выражается функция преобразования, за счет которой находится непосредственно значение уровня границы раздела двух сред

$$h = \frac{(\Delta t \cdot c_1 - H)}{\left(\frac{c_1}{c_2} - 1\right)}, \quad (6)$$

Где  $\Delta t$  – время за которое акустическая волна происходит свой путь

$H$  – полная высота емкости

$c_1$  и  $c_2$  – скорости распространения в газовой и соответственно жидкой среде.

Серьезным преимуществом ультразвукового уровнемера невысокая цена, а также акустические зонды позволяют высокоэффективно измерять границу раздела газ-нефть, это связано с явлением акустического импеданса, т.е большое отличие в сопротивлениях сред.

### **1.5.5 Радарный уровнемер**

Все реализованные радарные уровнемеры основаны на измерении времени за которое радиоволна проходит расстояние от антенны до поверхности контролируемого объекта и обратно. Наиболее часто используются радарные уровнемеры, которые применяются для высокоточный измерений, использующие непрерывное модулирование по частоте волны (технология FMCW), с помощью этой технологии существует возможность измерять расстояние косвенно.

На рисунке 8 представлен принцип работы радарного уровнемера, штриховой линией показана частота отраженных колебаний. Сигналы, отраженные от продукта и колебания генератора принимаются смесителем, на его выходе образуется частота биений, которая находится зависимости от расстояния до цели.

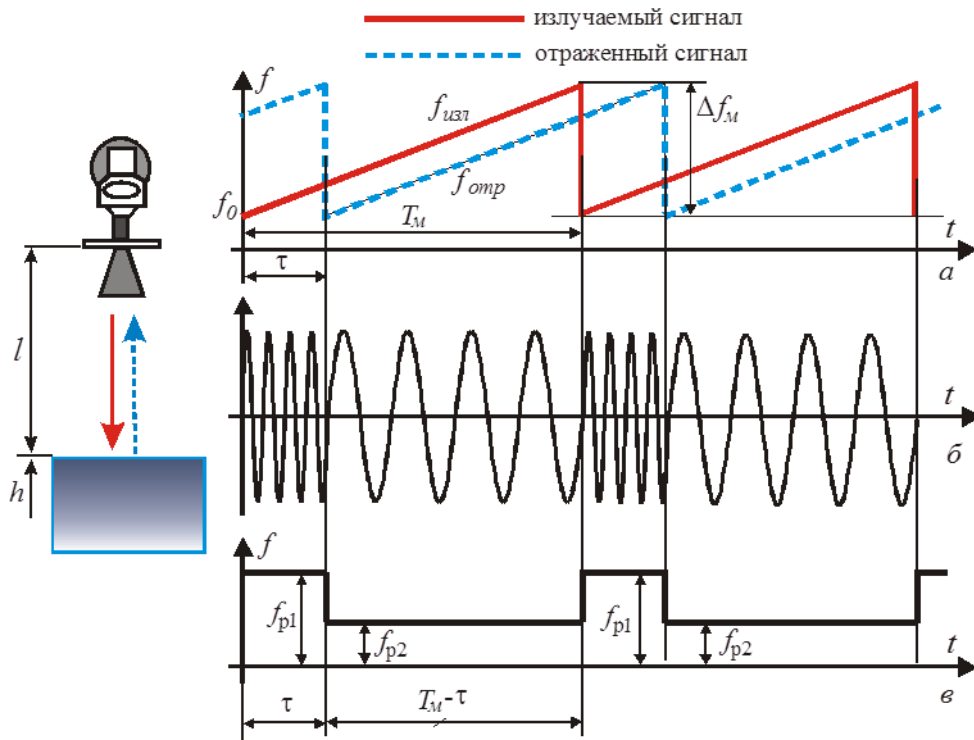


Рисунок 8– Принцип работы радарных уровнемеров, использующих технологию FMCW

В приведенном виде расстояние от источника до линии раздела сред находится как:

$$l = \frac{c \cdot f_p \cdot T_M}{2} = \frac{c \cdot f_p}{2\Delta f_M \cdot F_M}, \quad (7)$$

И соответственно искомое значение уровня продукта:

$$h = H - l = H - \frac{c \cdot f_p}{2\Delta f_M \cdot F_M}, \quad (8)$$

В формулах 7 и 8:

$c$  – скорость света,  $\frac{м}{с}$

$l$  – расстояние до границы раздела сред

$f$  – частота на выходе смесителя

$\Delta f_M$  – частота девиации передатчика

$F_M$  – Сила на выходе смесителя

## **2 Механические измерительные рулетки**

### **2.1 Измерение уровня нефти с использованием механической рулетки**

Измерение уровня нефти с помощью рулеток производится косвенным методом статистических измерений после двухчасового отстоя нефтепродуктов и дренажа подтоварной воды и очистки загрязнений. Уровень нефтепродуктов в резервуарах измеряется рулетками с лотом по ГОСТ 7502-98 или электронными рулетками. Перед выполнением измерения уровня производится запись допуска в оперативном журнале и журнале газоопасных работ, приводящихся без наряда допуска.

### **2.2 Требования при проведении измерения уровня нефти механической рулеткой**

Список приборов и инструментов, которые применяются при измерении уровня нефти в емкости: измерительная рулетка с лотом, метршток; водочувствительные материалы (лента, паста); мел (мыло, стеарин); ветошь из хлопка; замерный дневник оператора.

В связи с требованиями охраны труда вышеперечисленные приборы должны находиться в специальной сумке, сделанной из хлопка, с лямкой, перекинутой через плечо при переносе инструментов, чтобы при перемещении по лестнице на емкость с нефтью руки не были заняты. Запрещено проводить замеры во время шторма и грозы. Не рекомендуется проводить измерения в жаркое время суток, по причине того, что при открытии люка случится большой выброс испарений нефти.

На замерном люке необходимо установить постоянную точку измерения и определить базовую высоту измеряемого резервуара, на которую необходимо нанести масляную краску на кровле емкости, в районе замерного люка. Базовая высота резервуара — это высота от верхней замерной границы

замерного люка до дна емкости в точке постоянного замера. Постоянная точка замера обусловлена представленными ниже пунктами:

- при проведении замера лот не должен касаться заклепок или дна сварного шва или любую его неровность;
- в момент перемещения лот не должен сталкиваться по пути никаких препятствий, которые способны деформировать мерную ленту рулетки;
- место замера должно располагаться по возможности с самой удобной для проведения этой операции стороны люка;
- в замерном люке должна быть установлена специальная направляющая планка из цветного металла.
- При определении постоянного места замера в горизонтальных резервуарах нельзя ориентироваться на середину люка, так как он может быть скошен относительно оси резервуара.

На рисунке 9 визуальны представлены понятия при определении уровня механической рулеткой



Рисунок 9 - Определение понятий для ручного измерения уровня

Измерения производится исключительно после отстоя подтоварной воды и спокойного зеркала нефтепродуктов в емкости. Наиболее точный результат получается после замера разлива уровня нефти в том случае, когда мерная лента максимально сухая и протертая начисто, это связано с тем, что на неоксидированных лентах (в первую очередь на блестящих) линия раздела



светлых нефтепродуктов слабо заметна. С целью повышения точности измерения необходимо натирать ленту в том месте, где предположительно располагается взлив мелом, мылом или стеарином.

Чтобы определить уровень, на котором располагается подтоварная вода в механических рулетках используются водочувствительные ленты и пасты, однако следует отметить, что при измерении уровня подтоварной воды существует высокая погрешность, а также дополнительные траты, так как их приходится заменять ленты. Водочувствительная лента изготовлена из плотной бумаги, выполняется в форме полоски длиной 50-70 мм и шириной 6-7 мм, которая покрывается химически активным желто-коричневого цвета, который не реагирует и является стойким по отношению к нефтепродукту, и при этом растворяется в воде. После того, как лента контактирует с водой в течение 3-4 минут лента растворяется и соответственно обесцвечивается в воде. Наблюдая границу раздела цвета на измерительной ленте определяется уровень нахождения подтоварной воды. При измерении уровня нефти, или же темных нефтепродуктов, которые мешают проведению контроля (налипают на ленту, препятствуют контакту с водой) рекомендуются сначала смочить ленту керосином.

Замеры с помощью водочувствительных паст проводятся тем же образом, что и с лентой, однако они более удобны в использовании. На лот или метршток наносится тонким слоем паста тонким слоем с двух сторон, реакция происходит быстрее (1-2 минуты), пасту удобнее наносить. Хранить пасту рекомендуется в закрытых банках. Недостатком же является более высокая цена, по отношению к ленте.

### **2.3 Обзор существующих механических рулеток**

Рассмотрим механические рулетки на примере отечественных приборов. существуют отечественные производители таких рулеток, такие как

«Контур-М», «Пнск» и «Техприбор», их основным преимуществом является их стоимость (В пределах 10.000 рублей), которая в основном зависит от длины их лент, однако существуют и экземпляры с ценой свыше 20.000 руб с отличительной особенностью в длине измерительной ленты свыше 100 м, а также их достоинством является простота в использовании. К недостаткам же можно отнести недолговечность, ограниченный функционал, а также их погрешность выше, чем у электронных аналогов.

Рассмотрим маркировку отечественных рулеток на примере измерительной рулетки «P50H2Г», P – рулетка, 50 – Длина ленты, H – нержавеющая сталь, 2 – класс точности, Г – с грузом.

Для наглядности далее приведен по одному экземпляру для каждой фирмы производителя.



Рисунок 10 - Измерительная рулетка P100H2Г с грузом (ТЕХПРИБОР)



Рисунок 11 - Измерительная рулетка Р50У2Г (Контур-М)



Рисунок 12 - Рулетка Р20У3Г (Пнск)

Таблица 1 – Обзор механических измерительных рулеток для резервуаров с нефтепродуктами

Модель	Прои-ль	Габариты, мм	Диапазон измерений, м	Погрешность измерений,мм	Стоимость, руб
P20У3Г	ПНСК	300x100x35	[0.5 до 20]	±0.5	3310
P10У2Г	Контур- М	300x90x35	[0,3 до 10]	±0.3	3030
P50У2Г		300x100x35	[0,4 до 50]	±0.4	5771
P100У2Г		350x100x35	[0,5 до 100]	±0.5	8885
P10Н2Г	Тех.	330x160x30	[0,2 до 10]	±0.2	7100
P100Н2Г	прибор	360x270x50	[0,3 до 100]	±0,3	16701

Касательно цен, электронные рулетки продаются исключительно под заказ, в открытом доступе нет официальных цен, полная комплектация Б/У рулетки с стоимостью доставки составляет приблизительно 400 тыс.руб.

### 3 Электронные измерительные рулетки.

#### 3.1 Обзор электронных рулеток

В данном пункте будет кратко рассмотрены существующие варианты реализации электронных измерительных рулеток, физические основы работы этих приборов и их конструкция будут подробно разобраны в пункте номер 3. На рисунке 12 представлена трехфункциональная рулетка компании MMC, а на рисунке 13 рулетка компании Tanktech.



Рисунок 12 - Трехфункциональная рулетка MMC D 2401 2



Рисунок 13 - Измерительная рулетка T200-TFC

На данный момент из разряда электронных рулеток на рынке присутствует две компании – MMC International и Tanktech, соответственно и всего 2 варианта реализации, отличаются они дизайном эргономикой, их физика идентична, данные рулетки представляют собой объект исследования.

Данные рулетка позволяет в полуавтоматическом режиме измерять три величины: уровень разлива нефти, уровень раздела фаз продукт/подтоварная вода и температуру.

Компания MMC предлагает несколько типов трехфункциональных измерительных рулеток (смотрите маркировку рулеток):

- трехфункциональные стандартные рулетки – 2401T (UTI); трехфункциональные рулетки для
- работы с химически активными веществами – 2401S (UTI);
- устройства для определения только уровня раздела фаз – 24012 (U);
- устройства для определения только температуры – 2272 – (T).

В зависимости от применения можно выбрать одно из трех доступных исполнений рулеток:

- открытое (F) – для эксплуатации измерительных рулеток MMC на негерметичных резервуарах;
- закрытое (C) – для работы с химически агрессивными жидкостями;
- защищенное (R) – выполнение измерений на закрытых резервуарах.

Измерительные ленты для рулеток выпускаются длиной 15, 25, 30, 37 или 50 метров. В маркировке рулетки длина ленты указана соответствующим числом и буквой М для значения в метрах или только числом (для значения длины в футах).

У рулеток Tanktech маркировка аналогичная, но они выпускаются в единственном варианте, за исключением разных длин измерительные ленты: 15, 30 или 35 метров.

Касательно цен, электронные рулетки продаются исключительно под

заказ, в открытом доступе нет официальных цен, полная комплектация Б/У рулетки с стоимостью доставки составляет приблизительно 400 тыс.руб.

### 3.2 Характеристики рулетки

Исследование электронных рулеток будет приводится на примере рулетке Т200, рассматривать по отдельности не имеет смысла, это связано с тем, что они отличаются исключительно конструкцией, физические основы измерения идентичны.

Основные характеристики измерительной рулетки Т200 представлены в таблице 2.

Таблица 2. Характеристики рулетки Т200

Характеристика	Значение
Погрешность, мм	±2
Максимальное давление в резервуаре, КПа	30
Длина ленты, м	30
Градация	Метрическая
Шаг измерительной ленты, мм	1
Диаметр зонда, мм	34
Минимальный измеряемый уровень, мм	8
Диапазон рабочей температуры, °С	От -20 до 70
Диапазон измеряемой температуры, °С	От -20 до 110
Шаг измеряемой температуры, °С	0,1
ЖК дисплей	4-7 сегментный
Вес, Кг	8,1
Напряжение питания, В	9
Габариты, мм	585x346x150

Продолжение таблицы 2

Способ индикации границы раздела сред или уровня	Визуальный и звуковой
--	-----------------------

Данные характеристики соответствуют международным стандартам ISO 4246:2000, ISO 4512:2000.

### 3.3 Структурная схема

Структурная схема электронной измерительной рулетки представлена на рисунке 16. На ней представлено как и каким образом взаимодействуют между собой элементы рулетки. Иногда взаимодействие компонентов является двухсторонним, как например микроконтроллер и ЖК дисплей.

Структурная схема составлена на основе рулеток ММС 2401 и Т200



Рисунок 14 – Структурная схема электронной измерительной рулетки



Как видно на рисунке 15 перед электронными измерительными рулетками ставится 3 задачи: измерение уровня нефти, границ раздела газ-нефть-вода, и также измерение температуры нефтепродуктов, в данном варианте реализации для решения каждой задачи представлен датчик, расположенный в зонде: для измерения температуры – резистивный температурный датчик, для измерения границы газ-нефть используется ультразвуковой датчик, для границы нефть-вода используется емкостной соответственно. Непосредственно уровень нефти находится определением по мерной ленте, на дисплее отображается в какой среде в конкретный момент времени находится лот(зонд)

### **3.4 Проведение измерения уровня с помощью электронной измерительной рулетки**

После установки трехфункциональной рулетки на цистерну/резервуар, зонд медленно опускают до тех пор, пока он не достигнет жидкости в резервуаре и не поступит соответствующий звуковой сигнал. При контакте зонда уровнемера для нефтепродуктов с токонепроводящей жидкостью (нефтью или нефтепродуктом) издается непрерывный звуковой сигнал, с токопроводящей жидкостью (водой) – прерывистый. Процедура заключается в определении точной границы поверхности жидкости. Вращая рукояткой катушку трехфункциональной рулетки против часовой стрелки, зонд поднимают до полного затихания сигнала и вновь опускают до появления повторного сигнала. Эту процедуру выполняют довольно медленно, чтобы добиться максимально точного определения уровня незаполненного пространства емкости. Это значение считывается с ленты уровнемера для нефтепродуктов и фиксируется как уровень заполнения жидкостью резервуара/цистерны. Для измерения уровня границы раздела продукт/подтоварная вода (нефть/вода) зонд продолжают опускать в резервуар, следя за характером звука. Прекращение непрерывного сигнала

трехфункциональной рулетки и появление прерывистого указывает на то, что зонд погрузился в слой проводящей жидкости под продуктом. Зонд поднимают очень медленно до тех пор, пока не появится непрерывный звуковой сигнал. Если необходимо более точно определить границу раздела – процедуру повторяют. С ленты считывается и фиксируется значение уровня границы раздела. Толщина слоя продукта вычисляется вычитанием первого зафиксированного значения уровня из второго, а толщина слоя воды – вычитанием второго зафиксированного значения из известной глубины (высоты) резервуара. Согласно данному принципу действия, толщину слоя подтоварной воды можно определить только при известной глубине резервуара. Измерение температуры продукта производится аналогично, только трехфункциональные рулетки (переносные уровнемеры для резервуаров) переключают в режим измерения температуры.

### **3.5 Принцип работы электронной рулетки**

#### **3.5.1 Конструкция электронной измерительной рулетки**

Рассмотрение принципа работы и физических основ рассмотрено на основе рулеток Т200, ее конструкция предоставлена на рисунке 15

Лента состоит непосредственно из стальной ленты и двух электрических проводов, которые покрыты фторопластом-40. Которое состоит из нейлона и обладает коррозорезистентными свойствами по отношению к большинству химикатов, в том числе и необработанной нефти. Вид и структура ленты представлены на рисунке 16. На рисунке 17 проиллюстрирована точка, с которой считывается значение уровня.

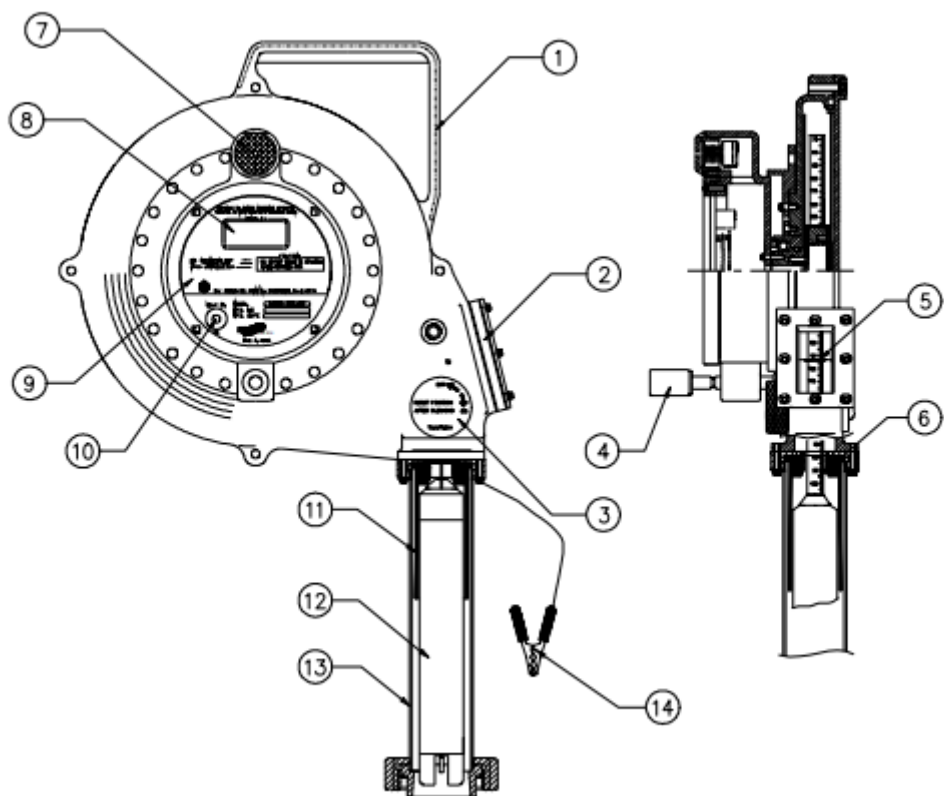


Рисунок 15 – Конструкция измерительной рулетки T200

1. Ручка 2. Окно считывания ленты 3. Чистящее средство 4. Управляющая ручка 5. Окно считывания уровня 6. Звуковая лента 7. Динамик 8. ЖК дисплей 9. Панель 10. Выключатель 11. Защитное устройство ленты 12. Зонд 13. Рамка 14. Заземляющий зажим

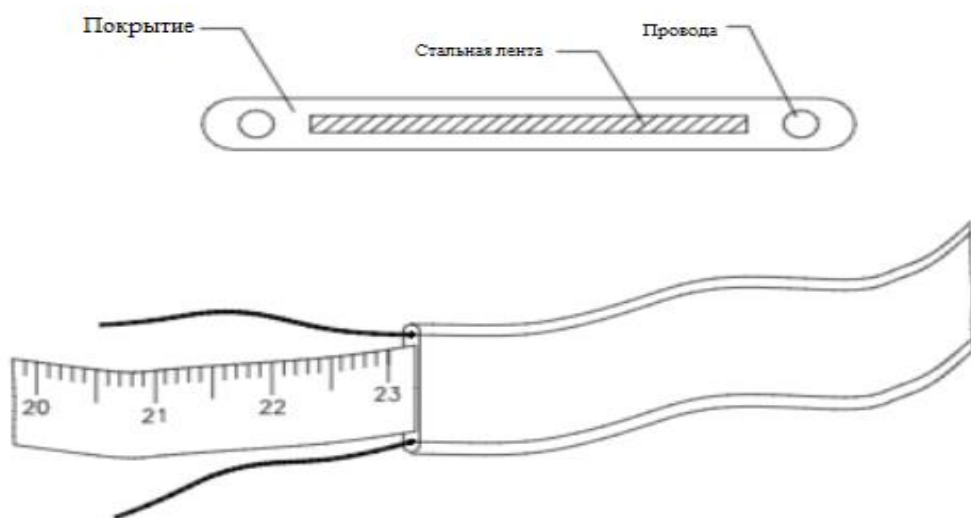


Рисунок 16 – структура и вид ленты

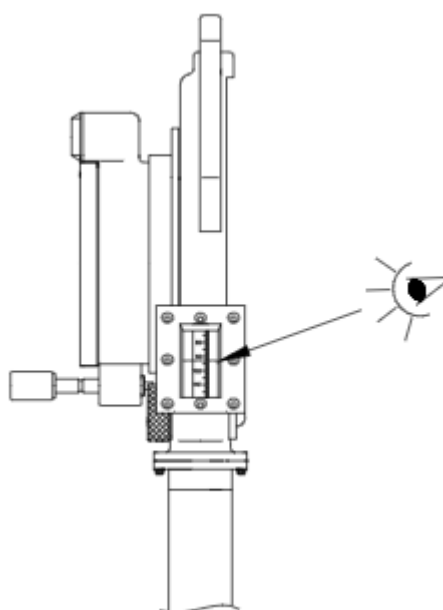


Рисунок 17 – Точка, считывая показаний уровня

Перед рулеткой стоят задачи измерения уровня нефти, температуры, границ раздела газ-нефть-подтоварная вода, основным измерительным прибором является зонд, который содержит в себе три датчика, при опускании зонда в контролируемый продукт непрерывный сигнал переходит на АЦП, затем на управляющую схему, впоследствии микроконтроллер в зависимости от того, в какой среде находится зонд, передает сигнал на динамик и он производит соответствующий звук. Если зонд находится в газовой среде – прерывистый звуковой сигнал, нефть – частый звуковой сигнал, вода – постоянный. Температура измеряется постоянно и отображается на ЖК-дисплее.

Рассмотрим физику и конструкцию измерительных преобразователей, представленных в исследуемом приборе

### **3.5.2 Измерение уровня раздела газ-нефть.**

Измеряя данный уровень фактически, мы узнаем уровень продукта, находящегося в резервуаре.

С целью измерения этого уровня в исследуемом приборе используется

ультразвуковой датчик, измерение основано на времени прохождения ультразвукового сигнала от источника до приемника. На рисунке 18 представлено измерение границы газ-нефть

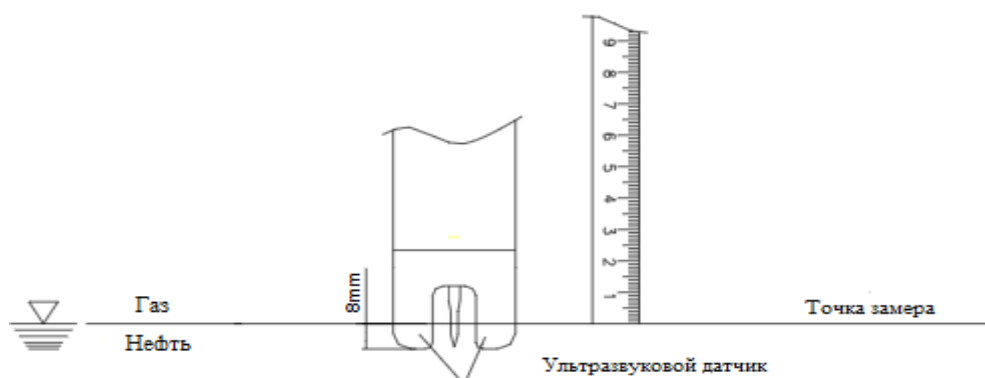


Рисунок 18 – измерение границы газ-нефть

Ультразвуковой датчик представляет собой возбудитель акустической волны и ее приемник, как правило – пьезоэлектрический кристалл, возбудитель генерирует волны в ультразвуковом диапазоне, приемник их получает, если датчик располагается в среде, которой волны распространяются, в реализованном варианте волна не успевает достичь приемника до того как рассеется, для достижения этой цели передатчик генерирует волну определенной амплитуды, как только между передатчиком и источником появляется жидкость датчик передает соответствующий сигнал, связано это с разницей скорости распространения акустической волны в нефтепродуктах она примерно в 4 раза выше, чем в воздухе. Как только на передатчике появляется сигнал он передается на схему управления и динамик издает частый звуковой сигнал.

### 3.5.3 Измерение уровня раздела нефть-подтоварная вода

Измерение границы раздела нефть-вода производится датчиком проводимости, суть измерения заключается в том, чтобы отследить момент,

когда датчик попадает из проводника в диэлектрик. Измерение с помощью рулетки Т200 представлено на рисунке 19.

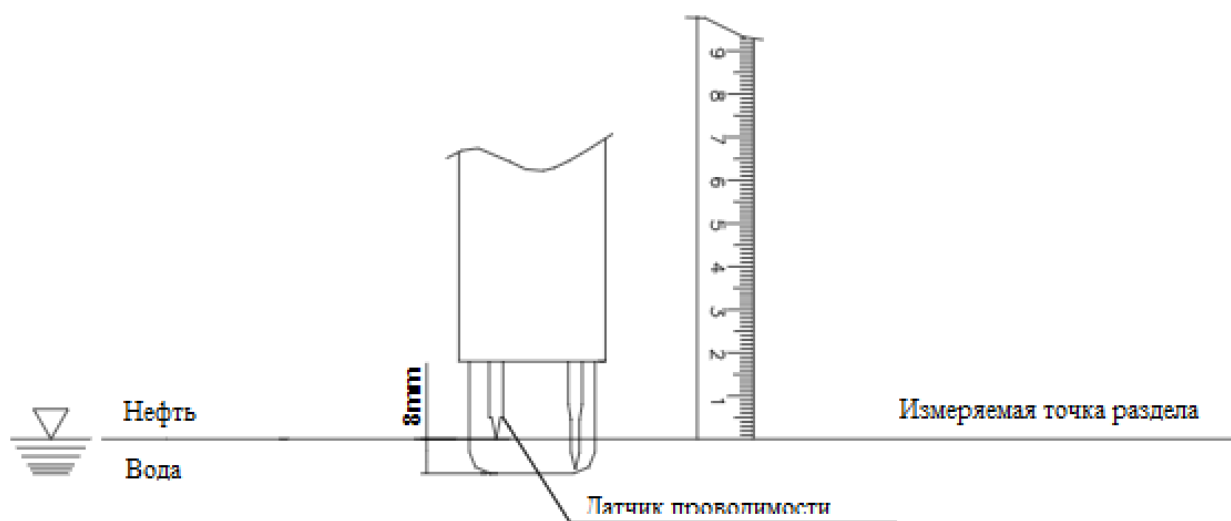


Рисунок 19 – измерение границы нефть-вода

При проведении измерения резервуар обязательно должен быть заземлен. На рисунке 20 представлена электрическая схема датчика, установленного в заземленный вертикальный резервуар, на левой части схемы измерительный электрод выше проводящей жидкости, схема открыта через реле не течет через катушку реле, соответственно и нагрузочный контакт. На правой части схемы электрод находится в воде, т.е проводящей жидкостью, между электродом и заземленным резервуаром устанавливается проводящий путь, закрывая протекание тока через реле, оно заряжаясь закрывает контакт нагрузки, резервуар в данной схеме служит в качестве земли, соответственно между электродами возникает напряжение, на управляющую схему попадает сигнал, издается постоянный звук.

Основным преимуществом, используемых датчиков является низкая цена, простота конструкции и отсутствие мобильных частей, контактирующих с объектом исследования.

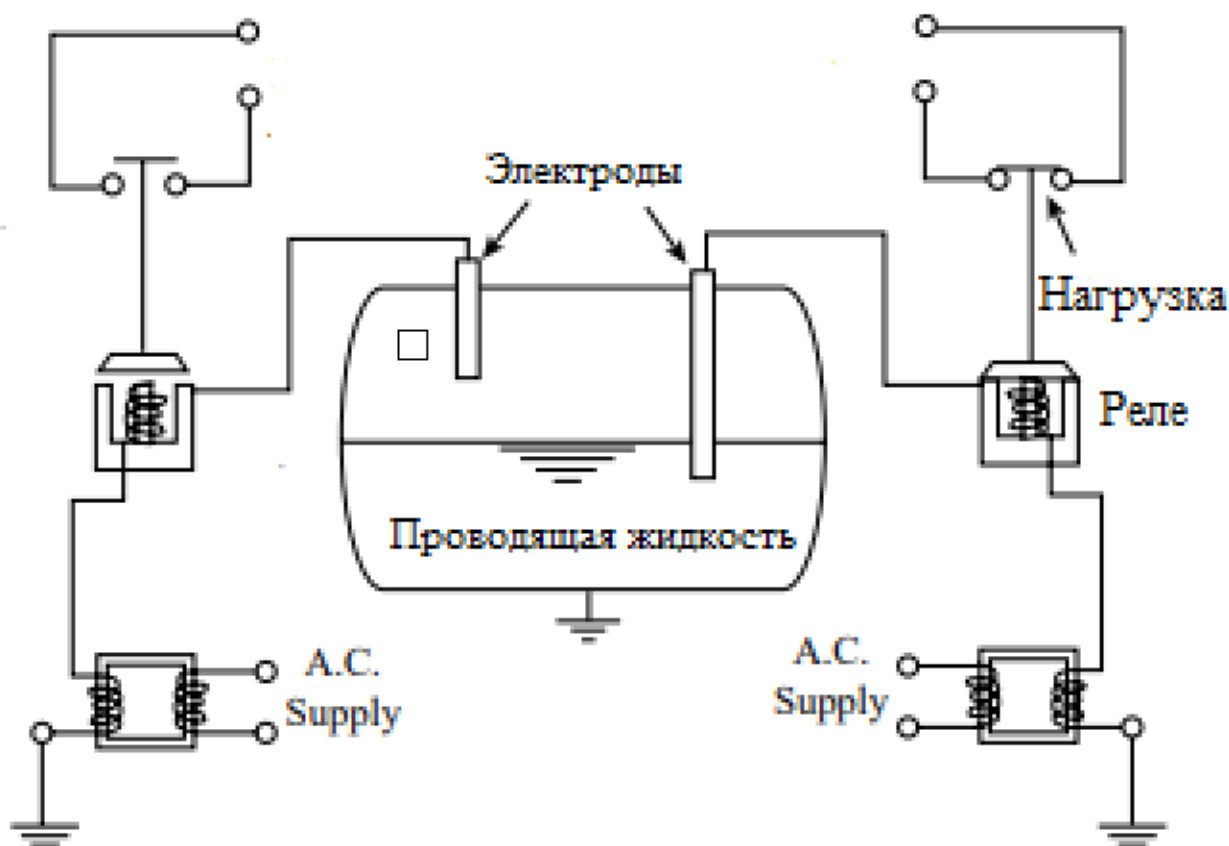


Рисунок 20 – электрическая схема датчика проводимости

### 3.5.3 Измерение температуры нефтепродуктов

Измерение температуры рулеткой проходит в непрерывном режиме, полученное значение отображается на мониторе, измеряется в градусах по Цельсию, или при необходимости по Фаренгейту.

На рисунке 21 представлено измерение температуры, в контроле температуры используется резистивный температурный датчик, вместо термистора или полупроводникового чувствительного элемента. На рисунке 22 изображен резистивный термометр PT100Ω RTD, используемый в рулетке T200. Измерение основа на зависимости температуры от электрического сопротивления.

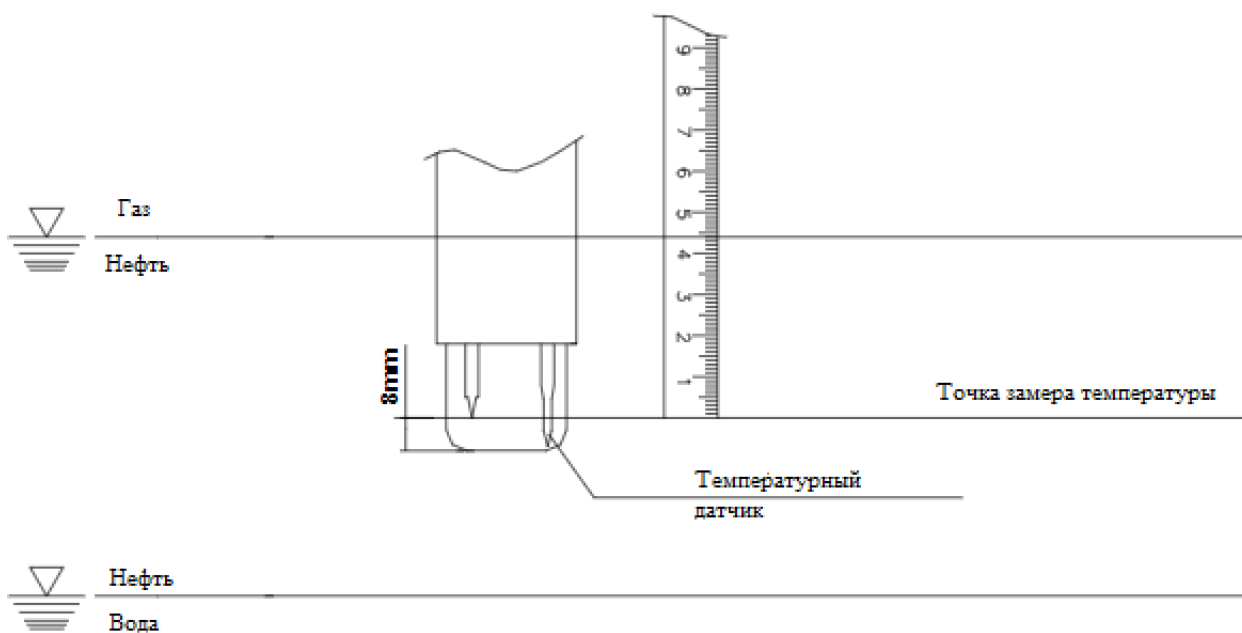


Рисунок 21 – измерение температуры среды



Рисунок 22 – резистивный температурный датчик PT100Ω RTD

Резистивные температурные датчики используют явление увеличения электрического сопротивления проводников с повышением температуры. Такие датчики состоят из резистивного материала с двумя контактами, которые закрыты специальным покрытием. В Т200 используется платиновый чувствительный элемент, коэффициент температурного платины составляет  $0.00392 \frac{\text{OM}}{\text{OM}\cdot^{\circ}\text{C}}$ , позволяющие разботать в широком температурном диапазоне.

Для измерения сопротивления необходимо использовать мост, или замену, позволяющую заменить измерение сопротивления на эквивалентное изменение напряжения, использующего постоянный источник питания. На



рисунке 23 представлен резистивный мост, использующийся в датчике.

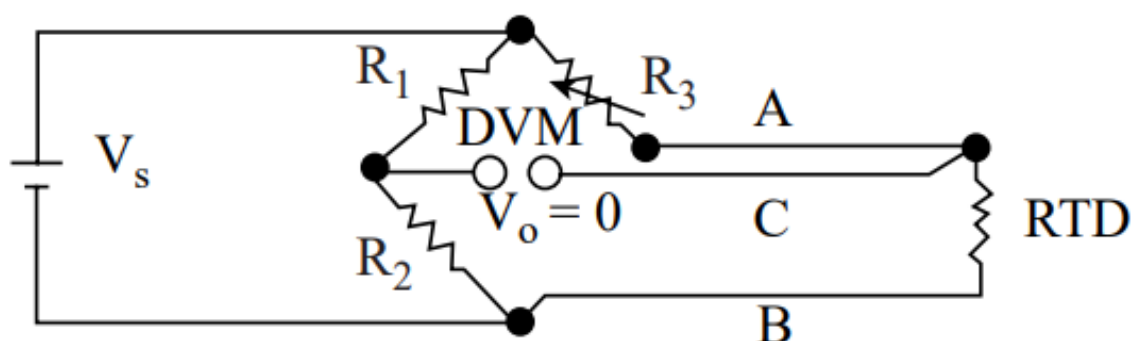


Рисунок 23 – трехпроводной сбалансированный мост

RTD – сопротивление датчика.

Когда мост сбалансирован  $R_3 = RTD + B + A = RTD$

RTD = 100 ом, при изменении температуры жидкости меняется сопротивление датчика (для платинового это примерно 0,385ом на 1 градус по Цельсию), мост разбалансируется, на выходе появляется напряжение, которое пропорционально изменению температуры, напряжение подается на управляющую схему и оттуда через функцию преобразования на экран выводится значение измеренной температуры

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

##### **Введение**

Разработка НИР производится группой квалифицированных работников, состоящей из двух человек – научного руководителя и исполнителя.

Данная выпускная квалификационная работа заключается в исследование параметров контроля качества дефектоскопических материалов. Объектом исследования является набор дефектоскопических материалов для проведения капиллярного контроля.

Данные исследования являются уникальными в своем роде, так как русскоязычных аналогов в сети не было найдено. Заинтересованность предприятий, использующих капиллярный контроль, в этих исследованиях очевидна. Лаборатория неразрушающего контроля на предприятии сможет проводить контроль более качественно при полученной информации после проведения данных исследований.

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

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки проекта;

осуществить планирование этапов выполнения исследования;

рассчитать бюджет НИИ;

произвести оценку ресурсной и экономической эффективности исследования.

К научно-исследовательским работам относятся работы поискового, теоретического и экспериментального характера, которые выполняются с целью расширения, углубления и систематизации знаний по определенной научной проблеме и создания научного задела.

#### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Тема диплома: «Контрольно измерительные рулетки для резервуаров с нефтью». Изменение уровня жидкости применяется в производственных процессах, где необходим контроль или регулирование уровня сыпучих и жидких веществ. В последние годы при помощи контрольно измерительных рулеток решаются наиболее трудные задачи автоматического контроля, такие как контроль уровня раздела двух несмешивающихся жидкостей, а также экспресс-анализ веществ в химических, нефтеперерабатывающих, целлюлозно-бумажных, пищевых и других отраслях промышленности.

##### **4.1.1 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценивать сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Основными конкурентами в исследовании являются рулетка с поверкой Р10УЗГ с грузом 1 кг и Рулетка поверенная РНГ Р20Н2Г с лотом и заземлением.

Детальный анализ необходим, т.к. каждый прибор имеет свои достоинства и недостатки. Данный анализ производится с применением

оценочной карты, приведенной в таблице 4.1. Экспертная оценка производится по техническим характеристикам и экономическим показателям по 5 бальной шкале, где 1 – наиболее низкая оценка, а 5 – наиболее сильная. Общий вес всех показателей в сумме должен составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot \text{Б}_i, \quad (9)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

$B_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$\text{Б}_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Таблица 3 – Сравнение конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		Б 1	Б 2	К 1	К 2
1	2	3	4	5	6
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>					
Возможность применения данного набора ДМ	0,12	5	2	0,6	0,24
Удобство в эксплуатации	0,01	2	3	0,02	0,03
Однородное распыление	0,1	4	4	0,4	0,4
Срок годности	0,14	3	5	0,42	0,7
Простота в использовании	0,1	2	3	0,2	0,3
Компактность	0,09	4	2	0,36	0,18
Безопасность	0,14	3	4	0,42	0,56
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>					
Цена	0,13	3	4	0,39	0,52
Предполагаемый срок эксплуатации	0,11	4	2	0,44	0,22
<b>Итого</b>	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>29</b>	<b>3,25</b>	<b>3,15</b>

Проведённый анализ конкурентных технических решений показал, что рулетка с поверкой P10У3Г является наиболее экономически выгодным и

эффективным набором для проведения контроля уровня нефтепереработанных материалов.

#### 4.1.2 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.2.

Таблица 4 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
<p>С1. Относительно невысокая стоимость разработки.</p> <p>С2. Возможность расширений возможности прибора, с помощью наборов датчиков.</p> <p>С3. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии.</p> <p>С4. Простота послепродажного обслуживания</p>	<p>В1. Простая адаптация научного исследования под иностранные языки;</p> <p>В2. Большой потенциал применения метода в России и других странах;</p> <p>В3. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>В4. Использование опыта работы с данным типом приборов, для разработки проекта.</p>
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
<p>Сл1. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с данным методом;</p> <p>Сл2. Отсутствие прототипа научной разработки</p> <p>Сл3. Низкая информированность рынка</p>	<p>У1. Отсутствие спроса на проведение данных исследований.</p> <p>У2. Развитие разработок конкурентов.</p> <p>У3. Увеличение сроков поставок комплектующих от поставщиков.</p>

Далее выявим соответствия сильных и слабых сторон научноисследовательского проекта внешним условиям окружающей среды.

Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 5 – сильные стороны проекта

Сильные стороны проекта и возможности					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	-	-	0	+
	B2	+	+	+	0
	B3	-	0	-	-
	B4	0	+	0	0

В ходе анализа интерактивной матрицы получаем следующую запись сильно коррелирующих сторон и возможностей: B1C4; B2C1C2C3; B4C2. В результате можно говорить об единой природе B2 по отношению к C1 и C2, а также B2 и B4 к C2.

Таблица 6 – слабые стороны проекта

Слабые стороны проекта и возможности				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	-	-	-
	B2	-	+	-
	B3	+	-	-
	B4	-	-	-

В ходе анализа интерактивной матрицы получаем следующую запись сильно коррелирующих сторон и возможностей: B2Сл2; B3Сл1.

Таблица 7 – сильные стороны проекта

Возможность нейтрализации угрозы с помощью сильных сторон проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	-	0	-	-
	У2	+	-	-	+
	У3	+	+	-	+

В ходе анализа интерактивной матрицы получаем следующую запись сильно коррелирующих сторон и угроз: У2С1С4; У3С1С2С4. В результате анализа делаем вывод, что У3 представляет наиболее значительную угрозу при реализации проекта.

Таблица 8 – слабые стороны проекта

Соотношение угроз со слабыми сторонами проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	-	+
	У2	+	-	-
	У3	-	+	-

В ходе анализа интерактивной матрицы получаем следующую запись сильно коррелирующих сторон и угроз: У1Сл1Сл3; У2Сл1; У3Сл2.

Таким образом, несмотря на то, что коммерческого потенциала у данного исследования нет и оно в большей степени олицетворяет теоретическую значимость полученных результатов, результаты НТИ актуальны для предприятий, заинтересованных в повышении качества контроля, тем самым в повышении срока службы деталей машин, повышении износостойкости материалов и возможном предотвращении поломки в будущем.

## 4.2 Планирование работ по научно-техническому исследованию

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для правильного планирования, а также финансирования и определения трудоемкости выполнения НИР необходимо ее разбить на этапы. Под этапом понимается крупная часть работы, которая имеет самостоятельное значение и является объемом планирования и финансирования. Основные составляющие части НИР:

Подготовительный этап. Сбор, изучение и анализ, имеющийся информации. Определение состава исполнителей и соисполнителей, согласование с ними частных задач. Разработка и утверждение задания.

Разработка теоретической части.

Проведение численного эксперимента.

Выводы и предложения по теме, обобщение результатов исследования.

Завершающий этап. Рассмотрение результатов исследования.

Утверждение результатов работы. Подготовка отчетной документации.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения ВКР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Планирование эксперимента	Инженер, научный руководитель
	6	Подготовка образцов для эксперимента	Инженер
	7	Проведение эксперимента	Инженер



Продолжение таблицы 9

Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

#### 4.2.2 Определение трудоемкости этапов НИР и построение графика работ

Расчет трудоемкости осуществляется опытно-статистическим методом, основанным на определении ожидаемого времени выполнения работ в человеко-днях по формуле

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (10)$$

Где,  $t_{ожі}$  – 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.

Рассчитаем значение ожидаемой трудоёмкости работы:

Для установления продолжительности работы в рабочих днях используем формулу:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (11)$$

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.

Для удобства построения календарного план-графика, длительность этапов в рабочих днях переводится в календарные дни и рассчитывается по следующей формуле:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (12)$$

Где,  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения одной работы, календ. дн.;  
 $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$k$  – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (13)$$

Где,  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

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

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

Определим длительность этапов в рабочих днях и коэффициент календарности:

$$k_{\text{студента}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 100 - 18} = 1,48$$

$$k_{\text{кал.рук}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{366}{366 - 88 - 18} = 1,40$$

Тогда длительность этапов в рабочих днях, следует учесть, что расчетную величину продолжительности работ  $T_k$  нужно округлить до целых чисел. Результаты расчетов приведены в таблице 10.

Таблица 10 – Временные показатели проектирования

Номер работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$		
	$t_{min}$ , чел-дни		$t_{max}$ , чел-дни		$t_{ож}$ , чел-дни					
	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель
1	2	-	3	-	2,4	-	2,4	2,4	3	3
2	2	-	3	-	2,4	-	2,4	2,4	3	3
3	1	-	3	-	1,8	-	1,8	-	2	-
4	-	22	-	27	-	24	24	-	24	-
5	8	-	10	-	8,8	-	8,8	8	10	10
6	7	-	9	-	7,8	-	7,8	-	9	-
7	3	-	4	-	3,4	-	1,7	-	2	-
8	-	3	-	4	-	3,4	3,4	-	4	-
9	1	-	3	-	1,8	-	0,9	0,9	1	2
10	10	-	15	-	12	-	12	-	12	-

Итого: Длительность работ в календарных днях  $T_{ki} = 70$  дней.

#### 4.2.3 Построение графика работ

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

Диаграмма Ганта по результатам временных показателей проектирования представлена на Рисунке 24.

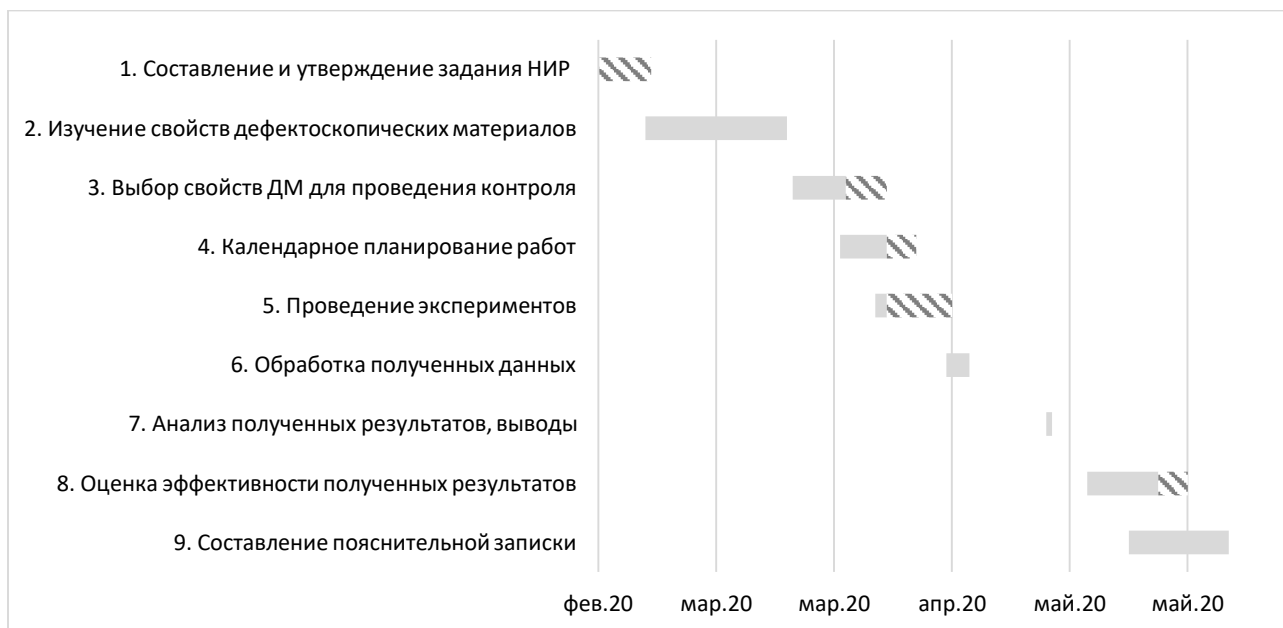


Рисунок 24 – Диаграмма Ганта

Таблица 11 – Сводная таблица по календарным дням

	Количество дней
Общее количество календарных дней для выполнения работы	70
Общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер	70
Общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель	22

В результате выполнения подраздела был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей, а также рассчитано количество дней, в течение которых работал каждый из исполнителей.

### 4.3 Бюджет научно-исследовательского проекта

При планировании бюджета исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. Поэтому необходимо учитывать материальные затраты.

В список расходов включены следующие виды затрат:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование;

- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы научно-исследовательской работы.

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат научно-исследовательского проекта

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + K_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} = (1 + 0,25) \cdot 100445,6 = 125556,9 \text{ руб.}$$

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 (в данной работе принимается равным 25 %).

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 5.

Таблица 11 – Материальные затраты на НИР

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Суммарная стоимость, руб.
Рулетка с поверкой Р10УЗГ	шт.	1	33 000	33 000

Продолжение таблицы 11

Электро энергия	кВт/Час	150	445,55	445,55
Контрольный образец	шт.	4	5 000	20 000
Всего за материалы, руб.				53445,55

### 4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчёт амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов.

При выполнении научно-исследовательского проекта использовался вытяжной шкаф для проведения капиллярного контроля. Его срок полезного использования составляет 10 лет. Также, для анализа данных и написания ВКР, был использован ноутбук Asus. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 3 года.

Таблица 12 – Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.	Амортизация
1	Ноутбук	1	3	30	30	2083
2	Осциллограф	1	10	80	80	1333,33
<b>Итого</b>						3416,33

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (14)$$

где  $n$  – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{N_A I}{12} \cdot m, \quad (15)$$

где  $I$  – итоговая сумма, тыс. руб.;

$m$  – время использования, мес.

### 4.3.3 Основная заработная плата исполнителей НИП

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата  $Z_{осн}$  одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (16)$$

где  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата, руб.;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. .

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{28460 \cdot 10,4}{246} = 1203 \text{ руб.}, \quad (17)$$

где  $Z_m$  – должностной оклад работника за месяц;  $F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени исполнителей, раб.дн. (табл. 16);  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

при отпуске в 28 раб. дня –  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная рабочая неделя;

при отпуске в 56 раб. дней –  $M = 10,3$  месяца, 6-дневная рабочая неделя;

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

Исполнитель-инженер с окладом в 12135 руб.

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{о}}} = \frac{12135 \cdot 11,2}{213} = 638 \text{ руб.}, \quad (18)$$

Должностной оклад работника за месяц:

Для руководителя:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 14600 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 28460 \text{ руб.}, \quad (19)$$

Для инженера:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 6200 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 12135 \text{ руб.}, \quad (20)$$

где  $Z_{\text{тс}}$  – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$  – премиальный коэффициент, принимается равным 0,3;

$k_{\text{д}}$  – коэффициент доплат и надбавок, принимается равным 0,2;

$k_{\text{р}}$  – районный коэффициент, принимается равным 1,3 (для г. Томска).

Таблица 13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{\text{тс}}, \text{руб}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}, \text{руб}$	$Z_{\text{дн}}, \text{руб}$	$T_{\text{р}}, \text{раб.дн.}$	$Z_{\text{осн}}, \text{руб}$
Руководитель	14600	0,3	0,2	1,3	28460	1203	13,7	16481,1
Инженер	12135	0,3	0,2	1,3	12135	638	65,2	41597,6
Итого:								58078,7



#### 4.3.4 Дополнительная заработная плата

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (21)$$

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

Дополнительная заработная плата исполнителей НИР составила: 8711,81 руб.

#### 4.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (22)$$

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

Общая ставка взносов составляет в 2018 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ):

22 % – на пенсионное страхование;

5,1 % – на медицинское страхование;

2,9 % – на социальное страхование. При этом сумма взносов к уплате зависит от того, превысил доход установленный лимит или нет.

Ставка 30% будет действовать по 2020 год включительно (ст. 425, 426 НК РФ).

Величина отчислений во внебюджетные фонды составила 20037,15 руб.

#### 4.3.6 Накладные расходы

В данном разделе указаны прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов. Их величина определяется по формуле ниже:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}$$

Где,  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы равный примерно 16%.

#### 4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 15 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1	Материальные затраты НИР	53445,55	Пункт 4.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	3416,33	Пункт 4.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	58078,7	Пункт 4.3.3

Продолжение таблицы 15

4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8711,81	Пункт 4.3.4
5	Отчисления во внебюджетные фонды	20037,15	Пункт 4.3.5
6	Накладные расходы	26196,27	Пункт 4.3.6
<b>Бюджет затрат НИР</b>		189922,96	Сумма ст. 1- 6

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

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 соотносится финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (22)$$

где – интегральный финансовый показатель разработки;

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

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость ДМ для исполнения научно-исследовательской работы (в т.ч. аналоги).

В качестве наборов для исполнения исследования были выбраны аналоги:

Рулетка с поверкой Р10У3Г с грузом 1 кг.

Рулетка поверенная РНГ Р20Н2Г.

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

Далее необходимо произвести оценку ресурсоэффективности проекта, определяемую посредством расчета интегрального критерия, по следующей формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i,$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$a_i$  – весовой коэффициент проекта;

$b_i$  – бальная оценка проекта, устанавливаемая опытным путем по выбранной шкале оценивания.

$$I_{pi1} = 4, \quad I_{pi2} = 3,5$$

Расставляем бальные оценки и весовые коэффициенты в соответствии с приоритетом характеристик проекта, рассчитываем конечный интегральный показатель и сводим полученные результаты в таблицу 4.11.

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент	Бальная оценка Helling	Бальная оценка SPOTCHECK
Количество ДМ в наборе	0,27	5	3
Равномерное нанесение	0,25	4	4
Точность выявления дефектов	0,3	3	5
Простота эксплуатации	0,18	4	2
Итого:	1	4	3,5

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения

определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{I_{\text{р-исп.1}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{4}{0,9} \approx 4,44. \quad (23)$$

$$I_{\text{исп.2}} = \frac{I_{\text{р-исп.1}}}{I_{\text{финр}}} = \frac{3,5}{1} \approx 3,5. \quad (24)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.2}}}{I_{\text{исп.1}}} = \frac{3,5}{4,44} \approx 0,79, \quad (25)$$

Таблица 17 – Сводная таблица показателей оценки ресурсоэффективности

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,9	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,0	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,44	3,5
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,79	0,79

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов ДМ, как наиболее

предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;

Проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 70 дня, общее количество календарных дней, в течение которых работал инженер – 70 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель – 20;

Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на реализацию проекта, которые составляют 189922,96 руб;

По факту оценки эффективности научного исследования ДМ, можно сделать выводы:

Значение интегрального финансового показателя НИР составляет 0,9 что является показателем того, что НИР является финансово выгодной, по сравнению с аналогами;

Значение интегрального показателя ресурсоэффективности НИР составляет 3,5, по сравнению с 4,0 ;

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 3,5, по сравнению с 4,4, он не является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в НИР, возможно не наиболее эффективен.