

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки 12.03.01 «Приборостроение»
Кафедра физических методов и приборов контроля качества

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ методов и средств измерения уровня жидких сред

УДК 681.128:532.2

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2Б	Якшигильдина Розалия Ильнуровна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ФМПК	Степанов Александр Борисович			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующая кафедрой менеджмента ИСГТ	Чистякова Наталья Олеговна	Кандидат экономических наук, доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ ИНК	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Физических методов и приборов контроля качества	Суржигов Анатолий Петрович	Доктор физико-математических наук, профессор		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P1	Применять современные базовые и специальные естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки, производства, отладки, настройки и аттестации средств приборостроения с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения
P2	Участвовать в технологической подготовке производства, подбирать и внедрять необходимые средства приборостроения в производство, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов; принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа
P3	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
P4	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
P5	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
P6	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
<i>Универсальные компетенции</i>	
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду
P11	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности

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

Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки (специальность) 12.03.01 «Приборостроение»
Кафедра физических методов и приборов контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2Б	Якшигильдиной Розалии Ильнуровне

Тема работы:

Анализ методов и средств измерения уровня жидких сред
Утверждена приказом директора (дата, номер)

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объектом исследования являются жидкие среды. Режим работы периодический.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	В ходе выпускной квалификационной работы необходимо сделать: - литературный обзор по методам и средствам измерения жидких сред; - сравнительный анализ между методами; - выбор подходящего метода для проведения экспериментов.

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Чистякова Наталья Олеговна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Степанов Александр Борисович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2Б	Якшигильдина Розалия Ильнуровна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 75 с., 16 рис., 15 табл., 20 источников, 3 прил.

Ключевые слова: уровнеметрия, уровнемер, уровнемеры жидких сред, классификация уровнемеров, ёмкостной метод уровнеметрии.

Объектом исследования данной работы являются жидкие среды: дистиллированная вода и масло.

Цель работы – изучить методы уровнеметрии. Проанализировать достоинства и недостатки каждого средства измерения уровня жидких сред. Выбрать метод уровнеметрии для исследования, который будет соответствовать предложенным характеристикам и сделать необходимые выводы.

В процессе исследования проводились эксперименты. В первом измерялась ёмкость для дистиллированной воды, во втором для масла, в третьем эксперименте измерялась ёмкость для двухфазной жидкой среды.

В результате исследования был сделан вывод о том, что зависимость ёмкости от уровня жидкой среды линейно возрастает.

Степень внедрения: находится на стадии анализа результатов исследования.

Область применения: топливная, химическая, нефтехимическая, пищевая промышленности и т.д.

В будущем планируется сконструировать прибор, основанный на одном из изученных методов, для измерения уровня жидких сред.

Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями.

уровень: Граница, которая отделяет сыпучее вещество или жидкость от выше расположенных жидкости или газа меньшей плотности.

измерение уровня (уровнеметрия): Процесс измерения высоты уровня жидкости или сыпучего вещества от положения, принятого за нулевое.

преобразователь уровня: Первичный измерительный преобразователь, непосредственно воспринимающий измеряемый уровень жидкости или сыпучего вещества.

уровнемер: Это прибор для промышленного измерения или контроля уровня жидкости в резервуарах, хранилищах, технологических аппаратах и т. п.

поплавковый уровнемер: Уровнемер, основанный на измерении перемещения поплавка, частично погруженного в жидкость.

ёмкостный уровнемер: Уровнемер, основанный на зависимости электрической ёмкости конденсаторного преобразователя, образованного при помощи одного или нескольких цилиндров, пластин или стержней, частично погруженных в жидкость, от высоты уровня жидкости [1].

Оглавление

Введение	7
1 Обзор литературы	9
1.1 Задачи и функции уровнеметрии	9
1.2 Технические требования к уровнемерам	9
1.3 Объекты уровнеметрии	10
1.4 Физические свойства объектов уровнеметрии	10
1.5 Условия измерения и контроля уровня	10
2 Классификация уровнемеров	12
2.1 Механические уровнемеры	12
2.1.1 Поплавковый уровнемер	12
2.1.2 Буйковый уровнемер	14
2.2 Гидростатические уровнемеры	15
2.3 Электрические уровнемеры	17
2.3.1 Ёмкостные уровнемеры	18
2.3.2 Кондуктометрические уровнемеры	20
2.4 Акустические уровнемеры	21
2.5 Микроволновые уровнемеры	23
2.5.1 Радарные уровнемеры	23
2.5.2 Волноводные уровнемеры	26
3 Экспериментальная часть	Ошибка! Закладка не определена.
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	30
5 Социальная ответственность	Ошибка! Закладка не определена.
Заключение	Ошибка! Закладка не определена.
Список публикаций	47
Список используемых источников	Ошибка! Закладка не определена.
Приложение А	48
Приложение Б	50
Приложение В	52

Введение

Главной целью данной работы является анализ методов и средств измерения уровня жидких сред. Необходимо было рассмотреть все достоинства и недостатки каждого метода, а также выбрать один из методов уровнеметрии для исследования, который будет соответствовать предложенным характеристикам и сделать необходимые выводы.

Актуальность измерения и контроля уровня жидкой среды возрастает по мере повышения автоматизации производственных процессов, систем учета и контроля.

Объект исследования был выбран, исходя из темы выпускной квалификационной работы, а именно дистиллированная вода и подсолнечное масло.

Предметом исследования являлось определение зависимости измеряемой ёмкости при помощи RLC – измерителя Е7 – 22 от уровня жидкой среды.

Сделав анализ методов уровнеметрии по изученным литературным источникам, была достигнута цель выпускной квалификационной работы.

1 Обзор литературы

1.1 Задачи и функции уровнеметрии

- a) Измерение текущего уровня;
- b) Контроль уровня;
- c) Измерение и контроль уровня раздела сред;
- d) Измерение массы продукта;
- e) Сигнализация предельных значений уровня рабочей среды, в том числе сигнализация аварийных значений уровня;
- f) Измерение объемного количества (объема) рабочей среды;
- g) Определение глубины жидкой среды;
- h) Определение плотности контролируемой среды;
- i) Регулирование технологического процесса.

1.2 Технические требования к уровнемерам

Независимо от того, используется ли уровнемер при измерении: собственно уровня или применяется при измерении объемного количества вещества, к нему предъявляются нижеперечисленные требования.

Определенный вид функции преобразования.

- a) Высокая чувствительность;
- b) Высокая воспроизводимость результатов измерения;
- c) Малая инерционность;
- d) Технологичность конструкции уровнемера;
- e) Минимальное влияние внешних факторов;
- f) Высокая надежность уровнемера;
- g) Вид выходного параметра уровнемера.

1.3 Объекты уровнеметрии

- a) Жидкие среды;
- b) Сыпучие среды (материалы);
- c) Комковые материалы;
- d) Вязкие (пастообразные) среды;
- e) Многофазные (комбинированные) среды (пена, пульпа, взвеси, эмульсия).

1.4 Физические свойства объектов уровнеметрии

- a) Плотность;
- b) Вязкость;
- c) Электропроводность;
- d) Диэлектрическая проницаемость;
- e) Влажность;
- f) Теплопроводность;
- g) Магнитные свойства;
- h) Оптическая плотность;
- i) Пожаро-взрывоопасность;
- j) Химическая активность;
- k) Поглощающая способность (для различных видов физических полей);
- l) Склонность к кристаллизации.

1.5 Условия измерения и контроля уровня

1. Для контролируемой среды:

- a) Температурный режим: условия нормальных температур, условия высоких температур, условия низких и сверхнизких температур;

b) Режим давления: нормальное давление (атмосферное), высокое давление, вакуум;

c) Способ заполнения резервуара;

d) Наличие мешалки;

e) Огне-взрывоопасность среды;

f) «Динамика» изменения уровня;

g) Наличие паров;

h) Наличие пены;

i) Турбулентность;

j) Возмущения на поверхности и их причина;

k) Неоднородность контролируемой среды;

l) Наличие взвешенных частиц;

m) Вибрация.

2. Для внешней среды:

a) Температура внешней среда;

b) Атмосферное давление;

c) Источники электромагнитных и магнитных полей [2, с. 7-9].

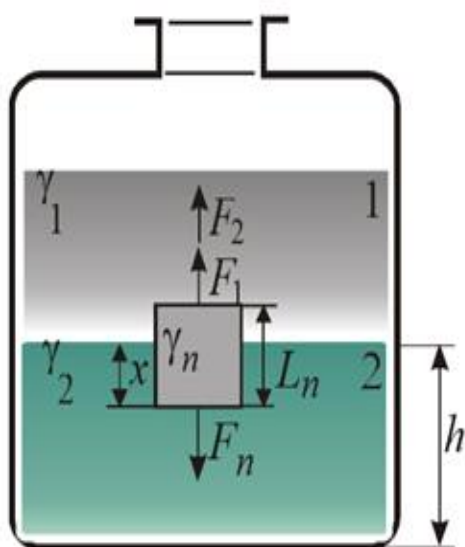
2 Классификация уровнемеров

2.1 Механические уровнемеры

Механические уровнемеры разделяются на поплавковые и буйковые. Принцип их работы описан в подпунктах 2.1.1 и 2.1.2.

2.1.1 Поплавковый уровнемер

Основной принцип использования поплавков постоянного заглубления состоит в выборе способа определения пространственного положения поплавка и связанного с ним уровня контролируемой жидкой среды. Поплавки являются неотъемлемой частью датчиков положения уровня, датчиков уровня и уровня раздела сред. На тело, погруженное в жидкость, в соответствии с законом Архимеда, действует выталкивающая сила, равная силе тяжести вытесненной телом жидкости. Рассмотрим общий случай на рисунке 1 нахождения поплавка в жидкой двухфазной среде с различными плотностями. Для общего случая нахождения поплавка на границе раздела сред должно быть выполнено условие: γ_1 меньше γ_n меньше γ_2 .



На рисунке 1:

F_n – сила тяжести поплавка;

F_1 и F_2 – соответственно значения выталкивающих сил, действующих на поплавки со стороны жидких сред 1 и 2;

L_n и x – общая высота поплавка и заглубление (осадка) поплавка во 2-й среде;

γ_1 , γ_n и γ_2 – соответственно плотности 1-й среды, поплавка и 2-й среды;

Рисунок 1 – К теории поплавка [1]

S – площадь поперечного сечения цилиндрического поплавка;

g – ускорение силы тяжести.

Сила тяжести поплавка F_n уравнивается выталкивающими силами со стороны обеих жидкостей соответственно F_1 и F_2 . Для состояния равновесия в жидкости используется формула (1):

$$F_n = F_1 + F_2, \quad (1)$$

где F_n – сила тяжести поплавка, Н;

F_1 – выталкивающая сила, действующая со стороны 1-й среды, Н;

F_2 – выталкивающая сила, действующая со стороны 2-й среды, Н.

Осадка поплавка остается постоянной, независимо от уровня жидкой среды. Такие поплавки получили название как «поплавки постоянного заглубления» и применяются в уровнеметрии как следящие преобразователи изменения положения уровня раздела сред в пространстве.

В отличие от свободно плавающего поплавка в реальных условиях поплавков несет на себе и дополнительную нагрузку. На него, кроме собственного веса (силы тяжести) и выталкивающей Архимедовой силы действуют силы средств кинематической связи с датчиками перемещений, силы трения и силы сопротивления.



Рисунок 2 – Примеры конструкций поплавков для уровнемеров жидких сред [1]

Конструктивно поплавки постоянного заглубления выполняются преимущественно в виде шаровидных, цилиндрических или комбинированных тел как на рисунке 2. Изготавливаются из металла или пластических

материалов, сплошные или пустотелые, с широким диапазоном диаметров – от 60 до 400 мм и приведенной плотностью от 380 до 640 кг/м³, что обеспечивает им положительную плавучесть.

В большинстве своем поплавки снабжены осевыми пустотелыми втулками, позволяющими поплавку свободно перемещаться вертикально при изменении уровня по скользящей направляющей трубке или стержню. Изменение условий трения в механической системе передачи показаний или плотности жидкости по разным причинам приводит к искажению результата измерения. Это связано с изменением установленного заглубления поплавка. Причем, эти изменения тем меньше, чем более плоской формой обладает поплавок [2, с. 16-17].

Преимущества использования поплавковых уровнемеров:

- a) Простота;
- b) Прочность;
- c) Невысокая стоимость;
- d) Показания уровня почти не зависят от изменений плотности жидкости;
- e) Высокая точность 0,01 % и повторяемость 0,005 %;
- f) Не требуется периодическая калибровка;
- g) Только один подвижный элемент – поплавок;
- h) Отсутствует дрейф нуля и диапазона.

Недостатки:

- a) Нет возможности использовать для вязких жидкостей;
- b) Возникают проблемы с плещущимися жидкостями;
- c) Размеры поплавка влияют на плавучесть;

2.1.2 Буйковый уровнемер

Предназначены буйковые уровнемеры для корректировки параметров производственных процессов и управления для того, чтобы выдать

информацию в виде стандартного пневматического сигнала границы раздела двух несмешивающихся сред, находящихся под избыточным, вакуумметрическим и атмосферным давлением [1]. В буйковых уровнемерах применяется неподвижный погруженный в жидкость буюк.

Масса буйка выбирается так, чтобы буюк не всплывал при полном его погружении в жидкость. Данные уровнемеры применяются для измерения уровня раздела фаз двух жидкостей, незаменимы при работе с высокими давлениями и температурами продукта, так же можно использовать для определения плотности среды [3, с. 14].

Преимущества буйковых уровнемеров в том, что они могут работать в ёмкостях, которые находятся под избыточным, вакуумметрическим или атмосферным давлением. Измеряет как уровень, так и раздел сред. При применении специальных термокомпенсирующих колонок, работоспособен при больших температурах. Высота измеряемого столба жидкости зависит от высоты самого буйка. Недостатки те же, что и у поплавковых уровнемеров [4].

2.2 Гидростатические уровнемеры

Принцип действия данных уровнемеров основан на измерении гидростатического давления.

На тело, погруженное в газ или жидкость, действуют силы, распределенные по поверхности тела. Для описания действия таких распределенных сил вводится физическая величина – давление. Сила давления на дно цилиндрического сосуда высотой h , можно определить по формуле:

$$P = \frac{h\gamma_{ж}Sg}{S} = h\gamma_{ж}Sg, \quad (2)$$

где P – давление жидкости на дно или боковые стенки сосуда, Па;

S – площадь основания сосуда, m^2 ;

g – ускорение свободного падения, m/c^2 ;

h – высота сосуда, м;

$\gamma_{\text{ж}}$ – плотность жидкости, кг/м³.

Данное давление P на глубине h в соответствии с законом Паскаля жидкость оказывает и на боковые стенки сосуда.

Таким образом, давление столба жидкости определяется только значениями уровня жидкости и ее плотности и не зависит ни от формы, ни от общего объема резервуара. Это основополагающие утверждения для использования гидростатического давления в качестве информативного параметра для целей уровнеметрии. В качестве средств измерения гидростатического давления в гидростатической уровнеметрии используются преобразователи и датчики абсолютного и избыточного давлений (датчики абсолютного давления и дифференциальные датчики).

Как правило, датчики гидростатического давления устанавливают стационарно на боковой поверхности резервуара около дна на уровне «нулевой» отметки отсчета и реже в дно, когда это возможно технически. В ряде случаев датчик давления размещается непосредственно в контролируемой жидкости на заданной глубине с помощью подвеса в виде гибкого троса или штанги. Это свой класс приборов – погружные гидростатические уровнемеры.

В соответствии с этим, выделяют следующие типы гидростатических уровнемеров – врезные, фланцевые и погружные, имеющие общий принцип измерения, но отличающиеся по типу присоединения к процессу, так как этот фактор обуславливает специальные требования к материалам, из которых изготовлен прибор. Имеет смысл выделять гидростатические уровнемеры по типу измеряемых сред: неагрессивная к нержавеющей стали, агрессивная к нержавеющей стали, пульпообразная, густая и абразивная среды. При выборе метода измерения уровня, следует учитывать, что корректные измерения гидростатическими датчиками возможны только в средах с постоянной плотностью, так как гидростатическое давление зависит от плотности жидкости и значения уровня. При необходимости решения задачи измерения уровня в средах с меняющейся плотностью, возможна установка двух

датчиков уровня. Один прибор устанавливается во вспомогательную ёмкость для отбора пробы. В ёмкости обеспечивается постоянный уровень, и уровнемер измеряет плотность, а данные со второго (собственно уровнемера) пересчитываются в контроллере с учетом текущей плотности среды, с которого уже скорректированный сигнал поступает в верхний уровень [2, с. 51-52].

Достоинством гидростатического уровнемера в том, что они просты по конструкции и стоят достаточно недорого.

Недостатки:

- а) сложность при применении (необходима постоянная плотность и неподвижность среды);
- б) низкая точность измерения;
- с) при повышении температуры измеряемой жидкости, увеличивается её уровень, но давление остается неизменным. Хотя, этот недостаток оборачивается большим плюсом для некоторых других измерений [5].

2.3 Электрические уровнемеры

Данные уровнемеры подразделяются на такие виды: кондуктометрические и ёмкостные. Принцип действия этих уровнемеров основан на различии электрических свойств газов и жидкостей, жидкость при этом может быть и диэлектриком, так и проводником. Основной параметр, который определяет электрические свойства диэлектриков – диэлектрическая проницаемость, а проводников их электропроводность, которая показывает в какое количество раз по сравнению с вакуумом, уменьшается сила взаимодействия между электрическими зарядами. Смотря какой выходной параметр первичного преобразователя «реагирует» на изменения уровня, ёмкость или сопротивление, данные уровнемеры делятся на ёмкостные и кондуктометрические [3, с. 22]. В пунктах 2.3.1 и 2.3.2 описан их принцип действия.

2.3.1 Ёмкостные уровнемеры

Принцип работы ёмкостных уровнемеров основаны на различии диэлектрической проницаемости воздуха и жидкости. Первичный преобразователь ёмкостного прибора представляет собой электрод (провод или металлический стержень), который расположен в вертикальной металлической трубке на рисунке 3, 4 [3, с. 21].



Рисунок 3 – Ёмкостные датчики уровня [5]

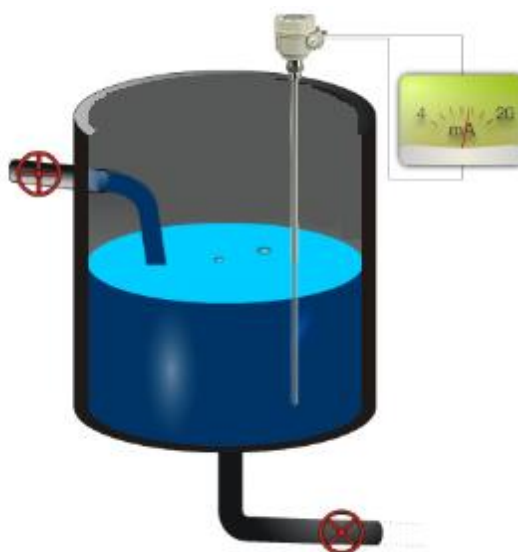


Рисунок 4 – Пример установки ёмкостного уровня [1]

Металлический стержень, образующий вместе с металлической трубой, конденсатор и ёмкость этого конденсатора зависит от уровня жидкой среды, т.к. при изменении уровня диэлектрическая проницаемость станет изменяться от диэлектрической проницаемости воздушной среды до диэлектрической проницаемости жидкой среды. Ёмкостной метод имеет хорошую точность порядка 1,5 %, но есть одно ограничение в том, чтобы среда не налипала на чувствительный элемент. Характерным ограничением для этого метода является – однородность среды. Или хотя бы, чтобы среда была однородна в зоне расположения чувствительного элемента. Некоторые из ёмкостных датчиков могут определить уровень жидкости через неметаллическую стенку резервуара, что позволяет определить положение среды без контакта с продуктом, либо без проникновения в резервуар.

Датчик можно установить на плоской стенке резервуара или навить вокруг неметаллической трубы.

Конденсатор, обкладки которого погружены в жидкую среду, является чувствительным элементом ёмкостного уровнемера, который может быть представлен в виде стержня или двух концентрических труб, пространство между которыми заполняется диэлектрической средой, а если жидкость проводящая, то этот чувствительный элемент покрывается фторопластом или любым другим изолятором.

Принцип действия емкостных уровнемеров основан на различии диэлектрической проницаемости контролируемой среды и диэлектрической проницаемости воздуха либо водяных паров. На рисунке 5, когда зонд находится в воздухе (1), измеряется некоторая низкая начальная ёмкость C_A .

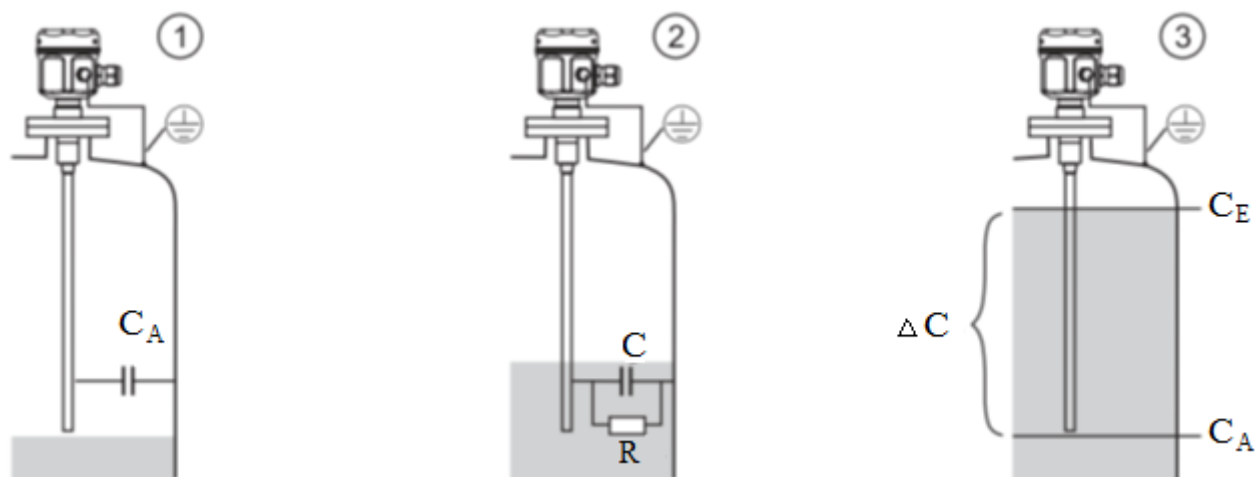


Рисунок 5 – Принцип действия ёмкостного уровнемера. R – проводимость жидкости; C – электрическая ёмкость жидкости; C_A – начальная ёмкость; C_E – конечная ёмкость (зонд полностью погружен); ΔC – изменение ёмкости [1]

С изменением уровня жидкой среды происходит и изменение ёмкости до значения C_E (2, 3), преобразуемой в выходной электрический сигнал постоянного тока от 4 до 20 мА [3, с. 23-24]. Преимущество данного уровнемера состоит в том, что он может работать под давлением. При упоре на днище резервуара и свободе перемещения в области крышки, температурное изменение геометрии не влияет на точность измерения. А недостатком является то, что чувствительный элемент уровнемера подвержен налипаниям и осаждением осадка, что влияет на точность измерения [5].

2.3.2 Кондуктометрические уровнемеры

Кондуктометрические датчики уровня применяют для контроля одного или нескольких предельных уровней жидкости, проводящей электрический ток. Действие кондуктометрического, либо еще его называют омического уровнемера, действие которого основано измерении сопротивления (R) между электродами, которые помещены в измеряемую среду. Данные уровнемеры применяются для измерения уровня жидкостей (более 0,2 См/м): растворы щелочей и кислот, расплавленные металлы, вода, водные растворы солей, молоко и сыпучие материалы с удельной проводимостью более 1 мкС/см.

Применять кондуктометрические датчики необходимо при температуре до 350 °С и давлении до 6,3 МПа. Существуют некоторые ограничения на эксплуатацию данного типа датчиков: сильное вспенивание рабочей среды, испарение и образование проводящих отложений, которые образуются на изоляторе или на чувствительном элементе.

Основные достоинства:

- a) отсутствуют движущиеся механические части;
- b) возможность измерять при высоком давлении и температуре;
- c) нечувствительность к турбулентности;
- d) прочность и простота использования;
- e) простота в обслуживании и регулировке.

Недостатки:

- a) масляные жидкости могут вызвать налипание тонким непроводящим слоем на электроде, который может стать причиной отказа;
- b) невозможность измерять при наличии диэлектриков и клейких веществ [5, с.25-26].

2.4 Акустические уровнемеры

Ультразвуковые уровнемеры имеют много преимуществ перед другими видами – они обладают хорошей точностью измерения, не портятся при использовании и имеют низкую стоимость. Именно эти качества значительно повысили популярность ультразвуковых уровнемеров, которые используют в тех системах, где поплавковые и буйковые уровнемеры применять невозможно.

В ультразвуковых уровнемерах используется отражения ультразвуковых колебаний от раздела сред жидкость – газ.

Принцип действия таких уровнемеров показан на рисунке 6, он основан на измерении времени, за который импульс проходит от излучателя до поверхности жидкой среды и обратно и при приеме отраженного импульса данный излучатель становится датчиком. Наиболее распространен тот вариант

установки, где ультразвуковой датчик находится в верхней части ёмкости. При этом сигнал проходит через воздух, который отражен от границы жидкости. Но есть вариант в котором ультразвуковой датчик находится в нижней части ёмкости. При это сигнал отражается от границы с менее плотной средой в более плотную. В первом случае, когда датчик находится в верхней части ёмкости, то измеряемое время будет тем больше, а во втором, когда датчик находится на дне ёмкости – меньше, потому что время прохождения импульса зависит от уровня жидкости.

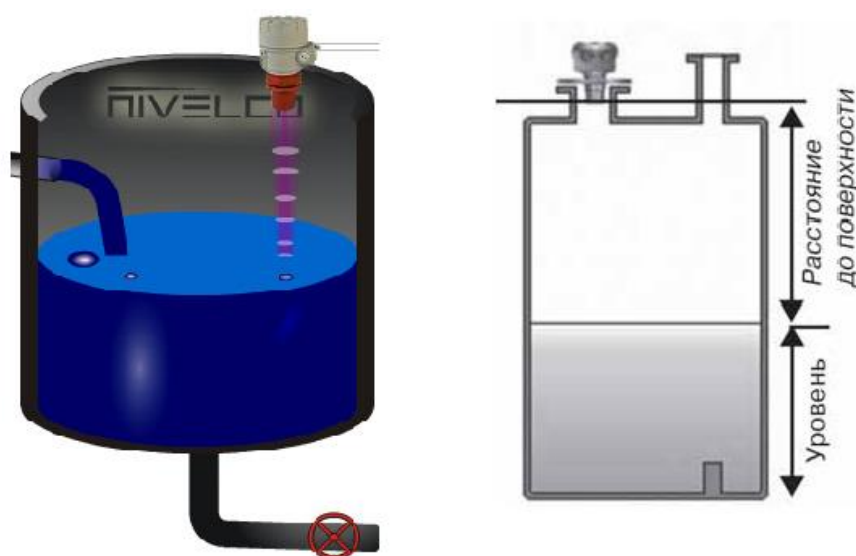


Рисунок 6 – Принцип действия ультразвукового уровнемера [5, 6]

Электронный блок необходим для того, чтобы формировать излучаемые ультразвуковые импульсы, усилить отраженные импульсы, измерять время прохождения двойного пути импульсом (в жидкости или в воздухе) и преобразовывать это время в электрический сигнал. Ультразвуковые уровнемеры используются для контроля одного, двух уровней в одном технологическом проеме.

Диапазон работы ультразвуковых уровнемеров – до 25 м. Скорость распространения ультразвука, зависящее от температуры, находится в отношении – около 0,18 % на 1 °С. Для того, чтобы устранить это влияние в ультразвуковых уровнемерах с помощью встроенного термодатчика

применяется термокомпенсация, также она применяется для получения точных результатов измерения [1, с. 35-37].

Достоинства:

- a) не требует контакта с продуктом;
- b) применение для различного вида жидкостей.

Недостатки:

- a) невозможность измерять уровень в пенящихся жидкостях;
- b) имеет ограничение на давление в ёмкости, которое варьируется значением до 3 бар;
- c) температура измеряемой жидкости не должна превышать до плюс 120 °С;
- d) невозможно применять данный метод в вакууме;
- e) при монтаже на крыше резервуара не учитывается изменение геометрии резервуара при перепадах температуры [5].

2.5 Микроволновые уровнемеры

Микроволновые уровнемеры разделяют на радарные и волноводные, которые описаны в пунктах 2.5.1 и 2.5.2.

2.5.1 Радарные уровнемеры

Данные уровнемеры являются наиболее универсальным средством измерения уровня, которые используют отражение электромагнитных колебаний от плоскости раздела измеряемых сред жидкость - газ.

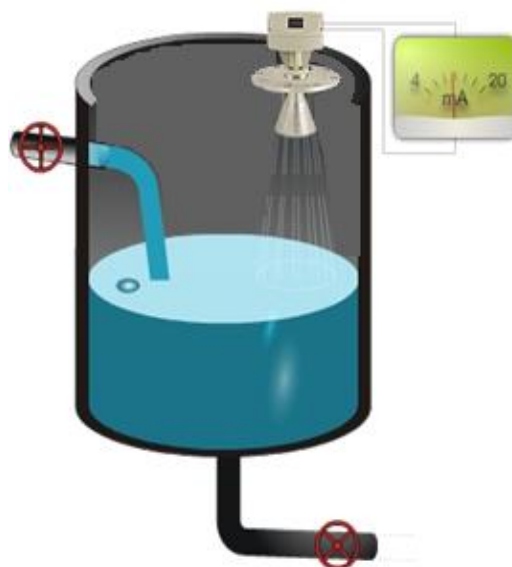


Рисунок 7 – Ёмкость с микроволновым радарным уровнемером [7]

Действие которых основано на измерении распространения времени радиоволны от антенны уровнемера до поверхности уровня измеряемой среды, и обратно.

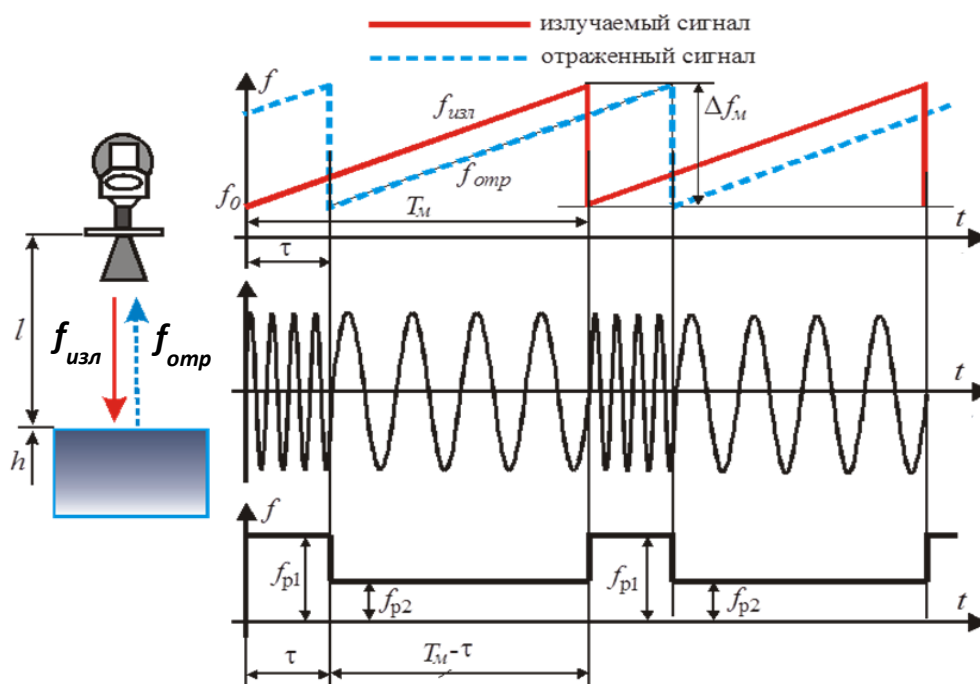


Рисунок 8 – Принцип работы радарного уровнемера [8]

Время прохождения сигналом расстояния в несколько метров при скорости света $3 \cdot 10^8$ м/с составляет всего лишь пару наносекунд. Для того, чтобы обеспечить измерение таких значений с должной точностью применяются специальные методы обработки сигнала. Для этого обычно

используется метод преобразование сигнала высокой частоты в сигнал промежуточной частоты диапазона от 10 до 100 кГц. Излучаемый импульс должен быть достаточно коротким, чтобы закончиться раньше, чем в антенну поступит отраженный импульс, а также должен иметь большую мощность, для того чтобы обеспечить требуемое соотношение сигнал - шум в принятом сигнале.

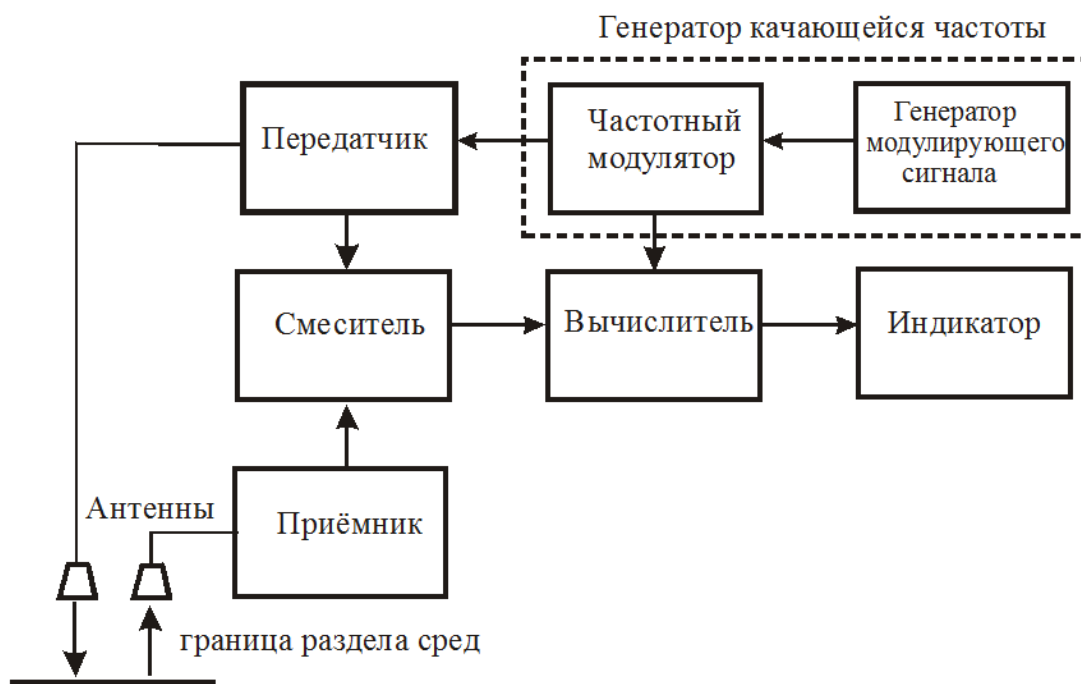


Рисунок 9 – Принцип работы радарного уровнемера [9, с.117]

Генератор качающей частоты, вырабатывает колебания с частотой, изменяющейся по периодическому закону и, излучает их в направлении контролируемой среды (сплошная линия). Отраженный от поверхности среды (жидкость) сигнал через определенное время τ , зависящее от скорости света и измеряемого расстояния, принимается той же антенной. Частота отражённого от границы сред сигнала будет изменяться по такому же закону, но только со сдвигом по временной оси на время запаздывания τ . Она сравнивается с частотой самого сигнала, который излучается в этот момент времени. Микропроцессорная система датчика, реализующая обработку сигнала и

закрывающееся в определении ее частоты и пересчете этого значения в значение наполнения резервуара уровнем жидкой среды [10, с. 15-27].

Достоинства:

- a) хорошая устойчивость к запыленности;
- b) неплохая устойчивость к пенообразующим жидкостям;
- c) высокая точность измерения до ± 1 мм. [6].

Недостатки:

- a) «загрязнение» окружающей территории СВЧ излучением;
- b) при монтаже на крыше резервуара не учитывается изменение геометрии резервуара при перепадах температуры [5].

2.5.2 Волноводные уровнемеры

Волноводная технология имеет ряд преимуществ по сравнению с другими методами измерений уровня, поскольку электромагнитные импульсы почти невосприимчивы к составу измеряемой среды, давлению и температуре. Поскольку электромагнитные импульсы не свободно распространяются в пространстве резервуара, а направляются по зонду, потери электромагнитной волны на поглощение малы ввиду малости импеданса волновода. Волноводная технология может с успехом применяться в малых и узких резервуарах, а также в резервуарах с длинными узкими патрубками, успокоительными трубами или выносными камерами – байпасами, либо в резервуарах с внутренними конструкциями, наличие которых не позволяет применять измерители уровня других типов. По сравнению с другими контактными уровнемерами, элементы которых соприкасаются с технологической средой, волноводные радары менее восприимчивы к покрытию и к образованию наростов и налипания на поверхности зонда, поскольку не имеют движущихся деталей. Принцип действия на рисунке 10 волноводных уровнемеров, состоит в следующем.

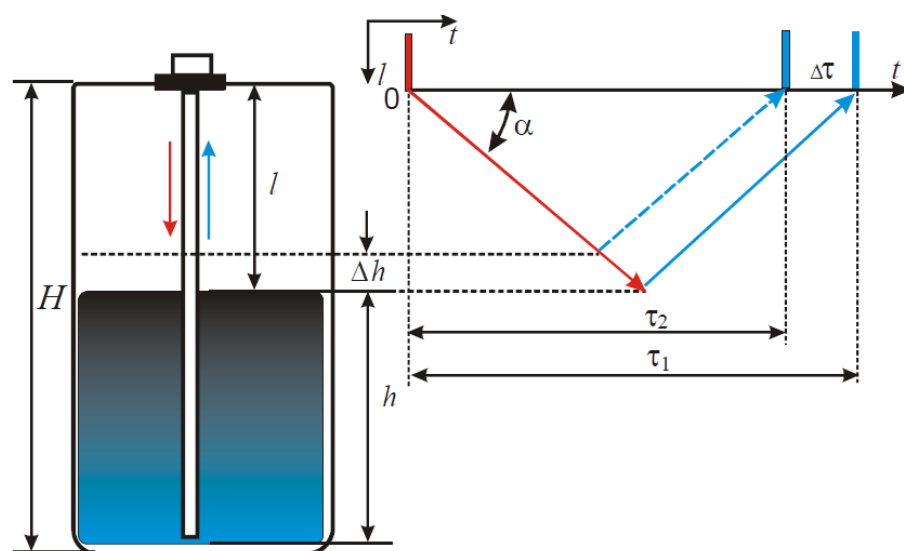


Рисунок 10 – Принцип действия волноводных уровнемеров [9, с.125]

Микроволновые наносекундные радарные импульсы малой мощности направляются вниз по зонду, погруженному в контролируемую среду. Когда радарный импульс достигает поверхности контролируемой среды с более высоким значением диэлектрической проницаемости, за счет изменения импеданса среды часть энергии импульса отражается в обратном направлении. Разница во времени между моментами передачи и приема эхо – сигнала пропорциональна расстоянию, согласно которому рассчитывается уровень жидкости (или уровень границы раздела двух сред). Быстродействующая схема с высокой точностью измеряет время прихода отраженного импульса, обеспечивая точное измерение уровня жидкости в резервуаре. На рисунке 10 значение угла α на диаграмме в координатах « $l - t$ » – это характеристика скорости распространения радиоимпульса в соответствующей среде. Диаграмма, выполненная в такой форме, позволяет наглядно представить формирование временных интервалов в зависимости от уровня контролируемых сред и скорости распространения радарных импульсов в этих средах. Скорость радарных импульсов в средах с диэлектрической проницаемостью ϵ больше 1 уменьшается обратно пропорционально корню квадратному от диэлектрической проницаемости контролируемой среды. В этом случае угол наклона «линии скорости» для контролируемой среды $\alpha_{\text{ср}}$

меньше α_0 . Следует отметить, что и интенсивность отраженного эхо-сигнала, зависящее от диэлектрической проницаемости измеряемой среды, поясняется тем, чем выше коэффициент диэлектрической проницаемости, тем выше интенсивность отраженного сигнала. В волноводных уровнемерах, для расширения функциональности, для повышения метрологических и эксплуатационных параметров, могут быть использованы, в том или ином сочетаниях, следующие дополнительные технологии, принципы и конструкторские решения [9, с. 125-126]. Микроволновые уровнемеры имеют большое количество достоинств. Главная из них это способность работать в более жестких условиях: сильное бурление жидкости, высокие температуры до $600\text{ }^{\circ}\text{C}$, высокое давление до 100 кг/см^2 , резервуары с работающей мешалкой, пары и газы над поверхностью измеряемой жидкости, сильное запыление (например, угольная пыль, цемент). Данные уровнемеры используются для измерения уровня и объема жидкой среды, а также раздела фаз жидких продуктов. Не боятся налипания продукта, меряют уровень от дна. При упоре излучателя на днище резервуара и свободе перемещения в области крыши, температурное изменение геометрии не влияет на точность измерения. Из недостатков высокая стоимость такого прибора [5].

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Б2Б	Якшигильдиной Розалии Ильнуровне

Институт	ИНК	Кафедра	ФМПК
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки позволяет говорить о том, что разработка считается перспективной и ее следует развивать.
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Формирование бюджета научных исследований состоит из: материальных затрат НИИ, затрат на спецоборудование для научных работ, затрат по основной заработной плате исполнителей работы, затрат по дополнительной заработной плате исполнителей работы, отчисления во внебюджетные фонды, накладные расходы.
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Составив таблицу сравнительной эффективности разработки, был сделан вывод о том, что наиболее (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования, является исполнение 1.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Альтернативы проведения НИ
3. 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
Заведующая кафедрой менеджмента ИСГТ	Чистякова Наталья Олеговна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б2Б	Якшигильдина Розалия Ильнуровна		

4.1 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

В основе технологии QuaD лежит нахождение средневзвешенной величины следующих групп показателей:

- а) Показатели оценки коммерческого потенциала разработки:
 - а. влияние нового продукта на результаты деятельности компании;
 - б. перспективность рынка;
 - с. пригодность для продажи;
 - д. перспективы конструирования и производства;
 - е. финансовая эффективность;
 - ф. правовая защищенность.
- б) Показатели оценки качества разработки:
 - а. динамический диапазон;
 - б. вес;
 - с. ремонтпригодность;
 - д. энергоэффективность;
 - е. долговечность;
 - ф. эргономичность;
 - г. унифицированность;
 - h. уровень материалоемкости разработки.

Для сравнения конкурентоспособности методов уровнеметрии, был

выбран ёмкостной метод и поплавковый. Выбранные показатели для оценки конкурентоспособности метода показаны в таблице 4.

Таблица 4 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1.Функциональная мощность	0,12	70	100	0,7	0,084
2. Надежность	0,18	85	100	0,85	0,153
3. Безопасность	0,18	85	100	0,85	0,153
4. Простота эксплуатации	0,22	95	100	0,95	0,209
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
5. Конкурентоспособность	0,12	70	100	0,7	0,084
6. Перспективность рынка	0,10	65	100	0,65	0,065
7.Финансовая эффективность научной разработки	0,08	50	100	0,5	0,04
Итого	1				

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i * B_i \quad (6)$$

где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i-го показателя.

$$P_{cp} = 0.12 * 70 + 0.18 * 85 + 0.18 * 85 + 0.22 * 95 + 0.12 * 70 + 0.10 * 65 + 0.08 * 50 = 8.4 + 15.5 + 15.5 + 20.9 + 8.4 + 6.5 + 4 = 79.2$$

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования о том, что разработка считается перспективной и ее следует развивать. $P_{cp} = 79,2$, следовательно, перспективность выше среднего. Необходима инвестиция в некоторых количествах для дальнейшего улучшения перспективности и конкурентоспособности.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

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

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 таблице 5.

Таблица 5 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследования	2	Поиск и изучение материала по теме	Студент
	3	Выбор направления исследований	Научный руководитель, студент
	4	Календарное планирование работ	
Теоретические исследования	5	Изучение литературы по теме	Студент
	6	Анализ методов и средств измерения уровня жидких сред	
Практические исследования	7	Экспериментальные исследования зависимости значения ёмкости от уровня жидкой среды	Студент
	8	Изучение результатов проведенного исследования	
Оценка полученных результатов	9	Анализ результатов	Студент
	10	Заключение	Студент

4.2.2 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 $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5} \quad (7)$$

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

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

t_{maxi} – 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_p , 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{Ч_i} \quad (8)$$

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

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

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

4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

При выполнении дипломных работ студенты в основном становятся участниками сравнительно небольших по объему научных тем. Поэтому наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{кал} \quad (9)$$

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

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

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} \quad (10)$$

где $T_{кал} = 366$ – количество календарных дней в году;

$T_{вых} = 104$ – количество выходных дней;

$T_{пр} = 15$ – количество праздничных дней.

Согласно производственному и налоговому календарю на 2016 год, количество календарных 366 дней, количество рабочих дней составляет 247 дней, количество выходных и праздничных 119 дней (количество предпраздничных дней – 15, количество выходных дней – 104).

Далее будет рассчитан коэффициент календарности по формуле (10).

$$k_{кал} = \frac{366}{366 - 104 - 15} = 1.48$$

Рассчитанные значения по формуле (9) в календарных днях по каждой работе T_{ki} округляем до целого числа. Все рассчитанные значения сводим в таблицу Б1. На основе таблицы Б.1, строим таблицу В.1.

4.3 Бюджет научно-технического исследования

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данный пункт включает стоимость всех материалов, используемых при работе с практической частью выпускной квалификационной работы. Это в первую очередь покупные материалы, которые использовались для обеспечения нормального технологического процесса, а также сырье и материалы, используемые в качестве объектов исследований. Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) * \sum_{i=1}^m C_i + N_{расхi} \quad , \quad (11)$$

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, m^2 и т.д.);

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

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

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, заносим в таблицу 6.

Таблица 6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.			Затраты на материалы (Z_m), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Бумага	Лист	250	200	300	1,5	2	2,5	431,3	460	862,5
Подсолнечное масло	Литр	2	2	3	67	73	81	154,1	167,9	279,5
Дистиллированная вода	Литр	3	3	4	35	38	40	120,8	131,1	184
Салфетки бумажные	Штук	100	150	200	0,83	0,56	0,6	95,45	96,6	138
Ручка	Штук	1	1	1	20	23	25	23	26,45	28,75
Тетрадь	Лист	12	18	40	1,6	1,61	1,25	22,08	33,4	57,5
Итого:								846,4	915,4	1550,2

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

В данном пункте включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стендов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 7.

При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15% от его цены. Стоимость оборудования, используемого при выполнении конкретного НТИ и имеющегося в данной научно-технической организации, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений.

Таблица 7 – Расчет бюджета затрат на приобретение оборудования для научных работ

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования			Цена единицы оборудования, руб.			Общая стоимость оборудования, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Измеритель RLC E7-22	1	1	1	10500	10500	10500	12075	12075	12075
Итого:							12075	12075	12075

4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В данном пункте включается основная заработная плата научного руководителя и студента, выполняющего работу. 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 8.

Таблица 8 – Расчет заработной платы в период проведения ВКР

Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	1	1	2	0,56	0,56	1,12	0,67	0,67	1,34
Поиск и изучение материала по теме	Студент	15	16	18	3,30	3,52	3,96	3,96	4,22	4,75
Выбор направления исследований	Студент, руководитель	5	5	7	3,89	3,89	5,45	4,67	4,67	6,54
Календарное планирование работ	Руководитель	1	1	2	0,56	0,56	1,12	0,67	0,67	1,34
Изучение литературы по теме	Студент	15	15	16	3,30	3,30	3,52	3,96	3,96	4,22
Анализ методов и средств измерения	Студент	25	28	28	5,50	6,16	6,16	6,60	7,39	7,39
Экспериментальные исследования	Студент	1	2	2	0,22	0,44	0,44	0,26	0,53	0,53
Изучение результатов исследования	Студент	1	1	2	0,22	0,22	0,44	0,26	0,26	0,53
Анализ результатов	Студент	3	4	5	0,66	0,88	1,10	0,79	1,06	1,32
Заключение	Студент	2	2	3	0,44	0,44	0,66	0,53	0,53	0,79

Этот пункт включает основную заработную плату научного руководителя и студента, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (12)$$

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

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

Максимальная основная заработная плата руководителя (старший преподаватель) равна примерно 16751,29 рублей, а студента 6595,70 рублей.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} * M}{F_{\text{д}}}, \quad (13)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_{\text{д}}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, \quad (14)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

Таблица 9 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней		
- выходные	119	119
- праздничные		

Продолжение таблицы 9

Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48	24
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	223

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} * (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) * k_{\text{р}}, \quad (15)$$

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

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15- 20 % от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для города Томска).

Таблица 10 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$З_{\text{тс}}$, тыс.руб.	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, тыс.руб.	$З_{\text{дн}}$, тыс.руб.	$T_{\text{р}}$, раб.дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель	17	0,3	0,5	1,3	39,2	0,5	199	110,5
Студент	6,5	0,3	0,2	1,3	12,8	0,2	223	49
Итого $З_{\text{осн}}$								160

4.3.4 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:

$$З_{внеб} = k_{внеб} * (З_{осн} + З_{доп}) , \quad (16)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды.

На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%

Таблица 11 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, тыс. руб			Дополнительная заработная плата, тыс. руб		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	110,5	110,6	112	13,28	13,3	13,4
Студент	49	49,5	49,7	5,8	5,94	5,97
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271					
Итого						
Исполнение 1	38,8					
Исполнение 2	38,9					
Исполнение 3	39,3					

4.3.5 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$З_{накл} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{нр}, \quad (17)$$

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

4.3.6 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.

Таблица 12 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, тыс. руб.			Примечание
	Исп. 1		Исп. 3	
1. Материальные затраты НТИ	46,4	915,4	1550,2	Пункт 2.4.1
2. Затраты на спецоборудование для научных работ	12,0	12,0	12,0	Пункт 2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	159,5	160,1	161	Пункт 2.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19,08	19,24	19,3	Пункт 2.4.3
5. Отчисления во внебюджетные фонды	38,8	38,9	39,3	Пункт 2.4.4
6. Накладные расходы	172	183	285	16% от суммы 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	1248	1329	2067	Сумма 1-6

4.4 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 по формуле:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп } i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (18)$$

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

Φ_{pi} – 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 размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом

$$I_{pi} = \sum a_i * b_i, \quad (19)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Таблица 13 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1.Функциональная мощность	0,12	5	4	4
2. Надежность	0,18	4	4	3
3. Безопасность	0,18	4	5	4
4. Простота эксплуатации	0,22	5	5	5
5. Конкурентоспособность	0,12	3	2	2
6. Перспективность рынка	0,10	4	3	3
7.Финансовая эффективность научной разработки	0,08	4	3	2
Итого	1	4,2	4,0	3,5

$$I_{p1} = 5 * 0,12 + 4 * 0,18 + 4 * 0,18 + 4 * 0,22 + 3 * 0,12 + 4 * 0,1 + 4 * 0,08 = 4,2$$

$$I_{p2} = 4 * 0,12 + 4 * 0,18 + 5 * 0,18 + 5 * 0,22 + 3 * 0,12 + 4 * 0,1 + 4 * 0,08 = 4,0$$

$$I_{p3} = 4 * 0,12 + 3 * 0,18 + 4 * 0,18 + 5 * 0,22 + 2 * 0,12 + 3 * 0,1 + 2 * 0,08 = 3,5$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p1}}{I_{финр1}}, I_{исп2} = \frac{I_{p2}}{I_{финр2}}, I_{исп3} = \frac{I_{p3}}{I_{финр3}}, \quad (20)$$

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

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}}, \quad (21)$$

Таблица 14 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Интегральный финансовый показатель разработки	0,60	0,64	1
Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,2	4,0	3,5
Интегральный показатель эффективности	7	6,25	3,5
Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,12	0,89	0,5

Проведя вышеперечисленные расчеты и сравнив различные исполнения приходим к выводу, что исполнение 1 является наилучшим вариантом.

4.5 Вывод

В результате данной работы, было произведено планирование научно-исследовательских работ, а именно структура работ в рамках научного исследования. Была построена таблица перечня работ, распределения исполнителей и просчитана трудоемкость выполненных работ, разработка графика проведения научного исследования. В работе был просчитан бюджет научно-технического исследования, основная и дополнительная заработная плата руководителя и студента. Но главной задачей данной работы заключалась в сравнении значений интегральных показателей эффективности, что позволяет понять и выбрать более эффективный вариант решения поставленной технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Список публикаций

1. Якшигильдина, Р.И. Анализ методов и средств уровнеметрии / Томский государственный университет // Принята к печати. – Томск, 2016.
2. Якшигильдина, Р.И. Современная уровнеметрия / Сибирский институт бизнеса, управления и психологии // Принята к печати. – Красноярск, 2016.
3. Якшигильдина, Р.И. Анализ методов и средств измерение уровня жидких сред / Томский политехнический университет // Принята к печати. – Томск, 2016.

Приложение А
(обязательное)

Таблица А.1 – Основные характеристики, достоинства и недостатки методов измерения уровня

Тип уровнемера	Измеряемая среда	Характеристики среды: температура, давление	Диапазон измерений	Достоинства уровнемера	Недостатки уровнемера
Ёмкостные	Жидкая (в т.ч. масла, жидкие хладагенты)	от 0 до 70 °С	От 0,2 до 20 м	Надежность, высокая точность	Невозможность работы в вязких (налипающих) средах
Кондуктометрические	Проводящие жидкие среды	до плюс 350 °С до 6,3 МПа	до 25 м	Возможность измерять при высоком давлении и температуре, нечувствительность к турбулентности, прочность и простота использования	Невозможность измерять при наличии диэлектриков и клейких веществ

Продолжение таблицы А.1

Ультразвуковой	Парящие, бурлящие, дымящие жидкости, жидкости с пеной	От минус 30 до плюс 60 °С От 0,3 до 3 бар	От 0,2 до 12 м	Высокая помехозащищенность, удобство расположения на резервуаре	Неудобство измерений пенообразующих жидкостей
Буйковые	Топливо, масла, нефтепродукты	от минус 60 до плюс 400 °С до 700 бар	До 10 м	Точность измерения в пенящихся жидкостях	Зависимость показания от плотности жидкости; затратные установка и дальнейшая эксплуатация
Поплавковые	Жидкости (в т. ч. с низкой плотностью)	от минус 40 до плюс 130 °С До 25 бар	До 25 м	Высокая точность; независимость показаний от состояния поверхности продукта	Сложность монтажа; зависимость показания от плотности среды
Гидростатические	Однородные, вязкие жидкости	От минус 10 до плюс 16 °С От 0,1 до 16 бар	От 2 до 100 м	Низкая цена; простота конструкции	Низкая точность измерений; ограниченность применения

Продолжение таблицы А.1

Радарный	Различные жидкие, вязкие, парящие, неоднородные, выпадающие в осадок, взрывоопасные продукты, в том числе нефтепродукты	От минус 40 до плюс 100 °С До 1,6 МПа	От 0,5 до 50 м	Высокая точность, стабильность измерения, удобство расположения на резервуаре	Неудобство измерений при кипении или бурлении поверхности продукта
Волноводные	Жидкости, граница раздела двух жидкостей	От минус 105 до плюс 600 °С от минус 1 до плюс 170 бар	До 32 м	Различные варианты, исполнения, возможность измерения при любых состояниях поверхности продукта	Высокая стоимость

Приложение Б
(обязательное)

Таблица Б.1 – Временные показатели для проведения научного исследования

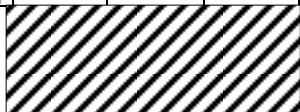
Название работ	Трудоемкости работ									Исполнители	Длительность работ T _{pi}			Длительност работ T _{ki} (в х)				
	t _{min} , чел-дни			t _{max} , чел-дни			t _{ож} , чел-дни											
	Ис.1	Ис.2	Ис.3	Ис.1	Ис.2	Ис.3	Ис.1	Ис.2	Ис.3		Ис.1	Ис.2	Ис.3	Ис.1	Ис.2	Ис.3		
Составление и утверждение темы проекта	1	1	2	3	3	3	2	2	2	Руководитель			2	2	2	3	3	4
Поиск и изучение материала по теме	15	16	18	20	20	21	17	18	19	Студент			17	18	19	25	26	28
Выбор направления исследований	5	5	7	10	12	11	7	8	9	Студент, руководитель			4	4	4	5	6	6
Календарное планирование работ	1	1	2	2	2	3	1	1	2	Руководитель			1	1	2	2	2	4
Изучение литературы по теме	15	15	16	16	18	19	15	16	17	Студент			15	16	17	23	24	25
Анализ методов и средств измерения	25	28	28	29	30	31	27	29	29	Студент			27	29	29	39	43	43
Экспериментальные исследования	1	2	2	3	3	4	2	2	3	Студент			2	2	3	3	4	4
Изучение результатов исследования	1	1	2	3	4	4	2	2	3	Студент			2	2	3	3	3	4

Продолжение таблицы Б.1

Анализ результатов	3	4	5	5	5	6	4	4	5	Студент	4	4	5	6	7	8
Заключение	2	2	3	4	4	4	3	3	3	Студент	3	3	3	4	4	5
Итого														112	121	132

Приложение В
(обязательное)

Таблица В.1 – Календарный план-график проведения ВКР по теме

Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кален. дн.	Продолжительность выполнения работ											
			Февраль			Март			Апрель			Май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Формирование и утверждение темы проекта	Руководитель	4												
Поиск и изучение материала по теме	Студент	28												
Выбор направления исследований	Студент, руководитель	6				 								
Календарный рейтинг - план	Руководитель	4												
Изучение литературы по заданной теме	Студент	25												
Анализ методов и средств измерения	Студент	43												

Продолжение таблицы В.1

Экспериментальные исследования	Студент	4													
Анализ результатов	Студент	8													
Заключение	Студент	5													



- студент ;



- научный руководитель