

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Неразрушающего контроля  
Направление подготовки Приборостроение  
Кафедра Физических методов и приборов контроля качества

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

<b>Тема работы</b>
<b>Влияние вибрации на проникновение жидкости в капилляре</b>

УДК 620.179.111.3:534.6

Студент

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1БЗА	Минаков Алексей Игоревич		

Руководитель

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Калиниченко Алексей Николаевич	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу: «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент	Грахова Елена Александровна	-		

По разделу: «Социальная ответственность»

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

<b>Зав. кафедрой</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Физические методы и приборы контроля качества	Суржиков Анатолий Петрович	д. физ.-мат. наук, профессор		

Томск – 2017 г.

## Планируемые результаты обучения

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<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	Требования ФГОС (ОК-14, ПК-1,6,7,8,10,11,12,13,17,23, 24,27), Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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	Требования ФГОС (ОК-5, ПК-14,15,19,20,21,28,29,30,33) Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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	Требования ФГОС (ОК-6, ПК-5,18,31,32), Критерий 5 АИОР (п.1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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	Требования ФГОС (ОК-1,2,8,11,12, ПК-2,9), Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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	Требования ФГОС (ПК-3,4,9,16,22,26), Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
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	Требования ФГОС (ПК-33), Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-3, ПК-28), Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-13), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а так же различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-4,14,15, ПК-8) Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Институт Неразрушающего контроля  
Направление подготовки Приборостроение  
Кафедра Физические методы и приборы контроля качества

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой

(Подпись) (Дата)

\_\_\_\_\_ Суржиков А.П.  
(Ф.И.О.)

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

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
1БЗА	Минаков Алексей Игоревич

Тема работы:

Влияние вибрации на проникновение жидкости в капилляре	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	9729/С от 10.12.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	7.06.2017
--	-----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b> <i>(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.).</i></p>	<p style="text-align: center;">ГОСТ 18442-80 - Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.</p> <p style="text-align: center;">Неразрушающий контроль: Справочник: В 8 т. / Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 4: В 3 кн. Кн.3: М.В. Филинов. Капиллярный контроль. – 2-е изд., испр. – М.: Машиностроение, 2006. – 736 с.: ил.</p>
--	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(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).</i></p>	<p>Влияние вибрации на проникновение жидкости в капилляре</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация в Microsoft Office PowerPoint 2007</p>

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Грахова Елена Александровна.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Анищенко Юлия Владимировна</p>

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

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Калиниченко Алексей Николаевич	Кандидат технических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Б3А	Минаков Алексей Игоревич		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1Б3А	Минакову Алексею Игоревичу

<b>Институт</b>	<b>ИНК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ФМПК</b>
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Приборостроение

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статистических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; В работе задействованы 2 человека: студент-исполнитель и научный руководитель. Приблизительная сумма затрат на выполнение проекта составляет 600 тысяч рублей.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	В соответствии с ГОСТ 14.322-83 «Нормирование расхода материалов» и ГОСТ Р 51541-99 «Энергосбережение. Энергетическая эффективность». Минимальный размер оплаты труда на 2016 год составляет 6675 руб.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Отчисления по страховым взносам - 30% от ФОТ.

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

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Технико-экономическое обоснование работы научно-исследовательской работы(НИР)
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение трудоемкости выполнения работ. Разработка графика проведения НИР. Расчет материальных затрат НИР.
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка научно-технического уровня НИР

### Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. График проведения и бюджет НИР (график Ганта);
2. Оценка ресурсной и финансовой эффективности НИР

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

### Задание выдал консультант:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Ассистент каф. менеджмента	Грахова Елена Александровна			

### Задание принял к исполнению студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1Б3А	Минаков Алексей Игоревич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1БЗА	Минакову Алексею Игоревичу

<b>Институт</b>	<b>ИНК</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ФМПК</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Приборостроение

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

1. Характеристика объекта исследования и области его применения (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона)	Объектом исследования является влияние вибрации на проникновение жидкости в капилляре
--	---

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

<b>1. Производственная безопасность</b>  1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть при проведении исследований	<b>1. Вредными факторами при выполнении данного исследования являются:</b> – Повышенный шум на рабочем месте от приточно-вытяжной установки; – Токсическое действие паров легколетучих составляющих дефектоскопических материалов – Повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
<b>2. Экологическая безопасность</b>  2.1. Влияние вредных факторов на экологию возникающих в процессе исследования	Негативное воздействие на атмосферу оказывают пары дефектоскопических материалов; Негативное воздействие на литосферу оказывают отходы в виде отработанных баллонов и дефектоскопических материалов.
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях (ЧС)</b>	Защита в ЧС: – Взрыв оборудования – Пожар (Наиболее типичная ЧС) – Подробный анализ наиболее типичной чрезвычайной ситуации
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	– специальные правовые нормы трудового законодательства – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Анищенко Юлия Владимировна	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1БЗА	Минаков Алексей Игоревич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 71 с., 18 рис., 24 табл., источников.

Ключевые слова: капиллярный контроль, дефектоскопические материалы, вибростенд, технологический процесс, вибрация, пенетрант, проявитель, проникающая способность, тест – панель.

Объектом исследования является влияние вибрации на проникновение дефектоскопических материалов для капиллярного контроля.

Цель работы – исследование методов ускорения технологического процесса капиллярного контроля, при сравнении дефектоскопических материалов и наборов капиллярного контроля для выявления оптимальных условий для протекания технологических процессов.

В процессе выполнения работы проводились теоретические исследования изучаемой темы; исследование проникающей способности жидкостей при нормальных условиях, а так же при воздействии температуры и вибрации.

В результате исследований были проведены эксперименты, с помощью которых происходит ускорение технологических процессов капиллярного контроля. Сравнивались дефектоскопические материалы и наборы капиллярного контроля. Были выявлены оптимальные условия, ускоряющие протекание технологических процессов.

Степень внедрения: работа направлена на исследование оптимальных условий для протекания технологических процессов капиллярного контроля.

На данном этапе разработка находится на начальном этапе исследований.

Область применения: результаты работы будут использованы в учебном процессе на кафедре ФМПК ИНК при изучении дисциплины «Капиллярный контроль», а также специалистами неразрушающего контроля, проходящими аттестацию в аттестационных региональных центрах по аттестации специалистов неразрушающего контроля.

Экономическая эффективность/значимость работы: выбор оптимального метода, исходя из экономических возможностей потребителя.



## **Определения**

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

капиллярный неразрушающий контроль: неразрушающий контроль, основанный на проникновении жидких веществ в капилляры на поверхности объекта контроля с целью их выявления.

вибрация: механические колебания машин и механизмов, которые характеризуются такими параметрами, как частота, амплитуда, колебательная скорость, колебательное ускорение.

чувствительность капиллярного неразрушающего контроля: Качество капиллярного неразрушающего контроля, характеризуемое порогом, классом и дифференциальной чувствительностью средства контроля в отдельности, либо целесообразным их сочетанием.

индикаторный пенетрант: Капиллярный дефектоскопический материал, обладающий способностью проникать в несплошности объекта контроля и индицировать их.

контрольный образец: Предназначен для оценки качества набора дефектоскопических материалов перед их использованием при контроле. Представляет из себя пластину с единичной тупиковой трещиной с параметрами соответствующего класса чувствительности.

## **Нормативные ссылки**

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 18442-80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.

Настоящий стандарт распространяется на капиллярные методы неразрушающего контроля материалов, полуфабрикатов, изделий (далее - объекты контроля), предназначенные для обнаружения невидимых или слабовидимых невооруженным глазом дефектов типа несплошностей материала, выходящих на контролируемую поверхность.

Стандарт устанавливает область применения, общие требования к дефектоскопическим материалам, аппаратуре, классам чувствительности, технологической последовательности выполнения операций, обработке и оформлению результатов контроля и требования безопасности.

2. РД-13-06-2006. Методические рекомендации о порядке проведения капиллярного контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах.

3. ГОСТ 24522-80. Контроль неразрушающий капиллярный. Термины и определения.

Настоящий стандарт устанавливает применяемые в науке, технике и производстве термины и определения основных понятий в области капиллярного неразрушающего контроля качества материалов, полуфабрикатов и изделий (далее - объектов).

## Оглавление

Введение.....	12
1 Обзор литературы .....	13
1.1 Общие сведения о капиллярном контроле .....	13
1.1.1 Основные положения, область применения.....	13
1.2 Методы капиллярного неразрушающего контроля.....	14
1.3 Физические основы метода.....	15
1.1.4 Технология проведения капиллярного контроля .....	17
1.1.5 Капиллярные дефектоскопическиематериалы.....	20
1.1.6 Чувствительность и оценка результатов контроля.....	22
1.1.7 Оценка сравнения качества дефектоскопических материалов по смачивающей способности .....	23
2 Объект и методы исследования.....	28
2.1 Анализ ускорения технологического процесса .....	28
2.1.1 Современные индикаторные жидкости .....	28
2.1.2 Тепловой способ ускорения.....	30
2.1.3 Ультразвук в капиллярном контроле .....	33
2.1.4 Низкочастотные колебания.....	33
3 Результаты практических исследований .....	34
3.1 Результаты практических исследований анализа ускорения технологического процесса капиллярного контроля .....	34
3.1.1 Исследования при нормальных условиях .....	34
3.1.2 Исследования при воздействии температуры .....	35
3.1.3 Исследования при воздействии низкочастотных колебаний.....	38
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. .....	42
4.1 Технико–экономическое обоснование научно-исследовательской работы.....	42
4.2 Планирование научно-исследовательской работы.....	43

4.3	Определение трудоемкости выполнения работ .....	44
4.4	Построение графика работ .....	46
4.5	Расчет бюджета затрат на НИР .....	48
4.5.1	Расчет материальных затрат .....	48
4.5.2	Основная заработная плата исполнителей темы .....	49
4.5.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	52
4.5.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	52
4.5.5	Накладные расходы .....	53
4.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	54
4.7	Определение научно-технического уровня исследования .....	54
5	Социальная ответственность .....	58
5.1	Производственная безопасность .....	59
5.1.1	Вредные факторы, которые могут возникнуть при проведении исследований. ....	60
5.2	Экологическая безопасность.....	65
5.2.1	Влияние вредных факторов на экологию возникающих в процессе исследования .....	65
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	66
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности. ....	68
	Заключение .....	69
	Список источников .....	71

## **Введение**

Существует перечень опасных производственных объектов, на которых должен проводиться с определенной периодичностью неразрушающий контроль с целью выявления возможных дефектов. Контроль может быть осуществлён разными методами, одним из которых является капиллярная дефектоскопия.

Капиллярные методы применяют при контроле ответственных деталей в авиастроении, судостроении, энергетическом и сельскохозяйственном машиностроении, на железнодорожном транспорте, нефтегазовой отрасли и других отраслях промышленности. Для некоторых деталей и изделий капиллярная дефектоскопия является единственным методом обнаружения трещин и других поверхностных дефектов производственно-технологического или эксплуатационного характера.

Капиллярный контроль осуществляется с помощью дефектоскопических материалов. Скорость выполнения технологических процессов капиллярного контроля зависит от различных факторов окружающей среды.

Существует ряд факторов, позволяющих ускорить протекание технологических процессов капиллярного контроля. Таким образом, является актуальным вопрос исследования влияния различных внешних факторов ускорения технологических процессов капиллярного контроля, при с целью выявления оптимальных условий.

Целью моей работы было исследование влияния вибрации, температуры и состава пенетрантов на проникающую способность жидкостей.

## **1 Обзор литературы**

### **1.1 Общие сведения о капиллярном контроле**

#### **1.1.1 Основные положения, область применения**

Методы капиллярного неразрушающего контроля широко используются во многих отраслях народного хозяйства промышленно развитых стран. Однако, поскольку они являются многооперационными, требующими значительных затрат рабочего времени, их существенным недостатком является высокая трудоемкость и, следовательно, сравнительно низкая производительность контроля. В связи с этим актуален вопрос совершенствования всех основных технологических стадий капиллярной дефектоскопии.

Основой проведения методов капиллярного контроля является проникновение индикаторной жидкости (пенетрантов) в полости поверхностных и сквозных несплошностей материала объектов контроля и регистрации образующихся индикаторных следов визуальным способом или с помощью преобразователя. Следовательно, предназначен для обнаружения невидимых или слабовидимых невооруженным глазом поверхностных и сквозных дефектов в объектах контроля, определениях расположения, протяженности (для дефектов типа трещин) и ориентации по поверхности. Такой вид контроля позволяет диагностировать объекты любых размеров и форм, изготовленные из черных и цветных металлов и сплавов, пластмасс, стекла, керамики, а также других твердых не ферромагнитных материалов.

Капиллярный контроль применяют также для объектов, изготовленных из ферромагнитных материалов, если их магнитные свойства, форма, вид и месторасположение дефектов не позволяют достичь требуемой чувствительности магнитопорошковым методом или магнитопорошковый метод контроля не допускается применять по условиям эксплуатации объекта.[2]

Капилляр, выходящий на поверхность объекта контроля только с одной стороны, называют поверхностной несплошностью.

Изображение, образованное пенетрантом, в месте расположения несплошности и подобное форме ее сечения у выхода на поверхность объекта контроля называют индикаторным рисунком(след).

Капиллярные методы подразделяют на основные, использующие капиллярные явления, и комбинированные.

## **1.2 Методы капиллярного неразрушающего контроля**

Основные капиллярные методы контроля подразделяют в зависимости от типа проникающего вещества:

1. Метод проникающих растворов – жидкостный метод основанный на использовании в качестве проникающего вещества жидкого индикаторного раствора.

2. Метод фильтрующихся суспензий – жидкостный метод, основанный на использовании в качестве жидкого проникающего вещества индикаторной суспензии, которая образует индикаторный рисунок из отфильтрованных частиц дисперсной фазы.

В зависимости от способа выявления индикаторного рисунка подразделяют на:

1. люминесцентные, основанный на регистрации контраста люминесцирующего в длинноволновом ультрафиолетовом излучении видимого индикаторного рисунка на фоне поверхности объекта контроля;

2. цветной, основанный на регистрации контраста цветного в видимом излучении индикаторного рисунка на фоне поверхности объекта контроля;

3. люминесцентно–цветной, основанный на регистрации контраста цветного или люминесцирующего индикаторного рисунка на фоне поверхности объекта контроля в видимом или длинноволновом ультрафиолетовом излучении;

4. яркостный, основанный на регистрации контраста в видимом излучении ахроматического рисунка на фоне поверхности объекта контроля.

Комбинированные методы капиллярного неразрушающего контроля сочетают два или более различных по физической сущности методов неразрушающего контроля, один из которых обязательно жидкостный.[4]

Капиллярно – электростатический метод основан на обнаружении индикаторного рисунка, образованного скоплением электрически заряженных частиц у поверхностной или сквозной несплошности не электропроводящего объекта, заполненного ионогенным пенетрантом.

Капиллярно – электроиндуктивный метод основан на электроиндуктивном обнаружении электропроводящего индикаторного пенетранта в поверхностных и сквозных несплошностях не электропроводящего объекта.

Капиллярно – магнитопорошковый метод основан на обнаружении комплексного индикаторного рисунка, образованного пенетрантом ферромагнитным порошком, при контроле намагниченного объекта.

Жидкостный капиллярно – радиационный метод излучения основан на регистрации ионизирующего излучения соответствующего пенетранта в поверхностных и сквозных несплошностях, а капиллярно – радиационный метод поглощения – на регистрации поглощения ионизирующего излучения соответствующим пенетрантом в поверхностных и сквозных несплошностях объекта контроля.[5]

### **1.3 Физические основы метода**

Капиллярные методы контроля объектов проникающими веществами применяют для обнаружения дефектов (типа трещин), выходящих на поверхность. Полости реальных трещин, чаще всего являющихся тупиковыми, имеют форму узкого клина, вершина которого обращена внутрь материала. Попав в такую трещину, проникающая жидкость смачивает ее полость и продолжает проникать внутрь нее даже после полного удаления с



поверхности объекта контроля. В этом случае проникающая жидкость образует в полости трещины два мениска с радиусами  $R_1$  и  $R_2$  кривизны, причем  $R_2$  больше  $R_1$ , как показано на рисунке 1

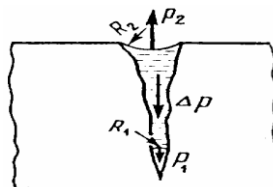


Рисунок 1 – Схема проникновения жидкости вглубь тупиковой трещины

Эти мениски вызывают появление двух капиллярных давлений и равнодействующая, которых направлена вглубь полости дефекта. Попав в полость дефекта, жидкость будет удерживаться там капиллярными силами.

Под действием суммы давлений пенетрант из полости трещины поднимается на поверхность контролируемого объекта, несколько расплываясь над дефектным участком, и образует индикаторный след, который можно наблюдать невооруженным глазом или в лупу с небольшим увеличением, как показано на рисунке 2

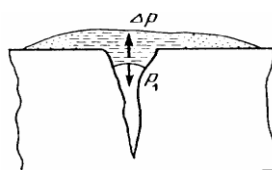


Рисунок 2 – Схема проявления индикаторных следов дефектов

Вещества, вытягивающие пенетранты из полостей дефектов, называют проявителями.

Индикаторные рисунки, образующиеся при взаимодействии пенетранта и проявителя, либо обладают способностью люминесцировать при воздействии ультрафиолетового излучения, либо имеют цветовую окраску вследствие избирательного поглощения (отражения) части

падающих на них световых лучей. Линии индикаторных рисунков имеют ширину от 0,05 до 0,3 мм и высокие яркостный и цветовой контрасты с фоном, поэтому рисунок дефекта обнаружить значительно легче, чем сам дефект. Причем обнаружение его тем проще, чем шире индикаторная линия и выше ее контраст с фоном .[2]

#### **1.1.4 Технология проведения капиллярного контроля**

Процесс капиллярного контроля состоит из 5этапов:

1. Предварительная очистка поверхности: чтобы пенетрант мог проникнуть в дефекты на поверхности, ее предварительно следует очистить водой или органическим очистителем. Все загрязняющие вещества (масла, ржавчина, и т.п.) любые покрытия (ЛКП, металлизация) должны быть удалены с контролируемого участка. После этого поверхность высушивается, чтобы внутри дефекта не оставалось воды или очистителя.



Рисунок 3 – Предварительная очистка поверхности

2. Нанесение пенетранта: обычно пенетрант красного цвета, наносится на поверхность путем распыления, кистью или погружением объекта контроля в ванну, для хорошей пропитки и полного покрытия пенетрантом. Как правило, при температуре 5...50°C, на время 5...30мин.

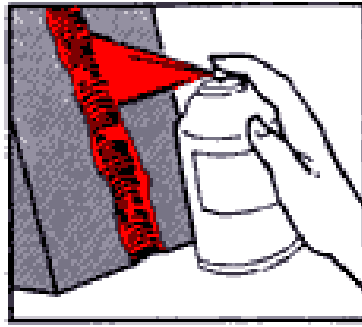


Рисунок 4 – Нанесение пенетранта

3. Удаление излишков пенетранта: избыток пенетранта удаляется протиркой салфеткой, промыванием водой, или тем же очистителем, что и на стадии предварительной очистки. При этом пенетрант должен быть удален только с поверхности контроля, но никак не из полости дефекта. Затем поверхность высушивается салфеткой без ворса или струей воздуха.

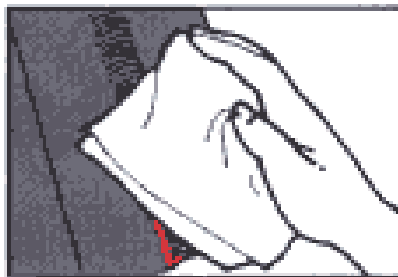


Рисунок 5– Удаление излишков пенетранта

4. Нанесение проявителя: после удаления излишков пенетранта на поверхность контроля тонким ровным слоем наносится проявитель (обычно белого цвета).



Рисунок 6 – Нанесение проявителя

3. Оценка результатов: выявление имеющихся дефектов

производится через периоды времени, регламентируемые нормативными документами. При контроле выявляются и регистрируются индикаторные следы интенсивность окраски которых, говорит о глубине и ширине раскрытия дефекта: чем бледнее окраска, тем дефект мельче. Интенсивную окраску имеют объемные дефекты. В случае необходимости, после проведения контроля проявитель удаляется.

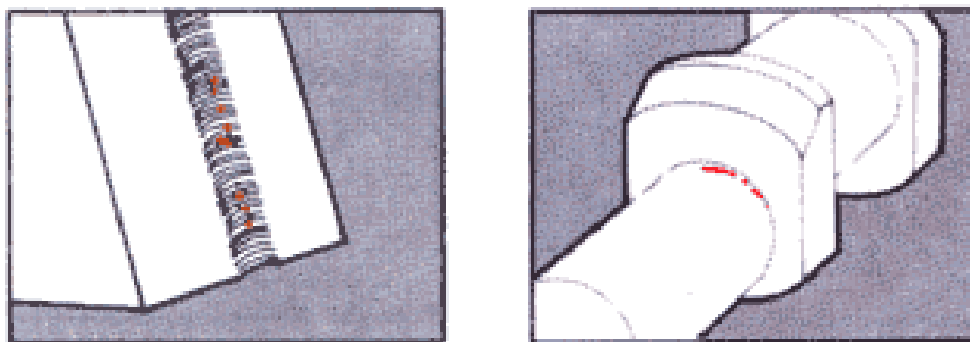


Рисунок 7– Результат проведения капиллярного контроля

Подготовка объектов к контролю включает очистку контролируемой поверхности от все возможных загрязнений. Для предварительной очистки поверхности применяют механическую очистку объекта контроля струей песка дробы, косточковой крошки и т.д. Для окончательной очистки контролируемых объектов используют пар, химические реактивы, ультразвуковую, тепловую очистку.

Для заполнения дефектов индикаторным пенетрантом применяют следующие способы: капиллярное – наносим на контролируемую поверхность смачиванием, погружением, и т.д., вакуумное заполнение, компрессионное при воздействии на него избыточного давления, ультразвуковое с использованием ультразвукового капиллярного эффекта, деформационное при воздействии на объект контроля упругих колебаний звуковой частоты или статического нагружения, увеличивающего раскрытие несплошности.

Избыток индикаторного пенетранта удаляют или гасят на контролируемой поверхности одним из следующих способов: протиранием салфетками применением в необходимых случаях очищающего состава или

растворителя, промыванием водой, обдуванием струей песка, воздействием на пенетрант гасителями люминесценции или цвета.

Поверхность подвергают естественной сушке или сушке в потоке воздуха. Проявитель наносят следующими способами: распылением, электрораспылением в электрическом поле струей воздуха, нанесением кистью, погружением, обливанием, электроосаждением проявителя путем погружения в него объекта контроля с одновременным воздействием электрического тока, посыпанием порошкообразного проявителя, наклеиванием ленты пленочного проявителя.

Проявление следов дефектов представляет собой процесс образования рисунка в местах наличия дефектов, для чего используют один из способов проявления индикаторных следов: выдержку объекта контроля на воздухе до момента появления индикаторного рисунка, с применением вакуума, нагрева.

Способы обнаружения индикаторного следа: визуальное, фотоэлектрическое, телевизионное, инструментальное.

Окончательную очистку объектов контроля осуществляют одним или несколькими технологическими приемами удаления проявителя, а при необходимости и остатков индикаторного пенетранта: протиранием, промыванием, ультразвуковой обработкой объекта в воде или органических растворителях с необходимыми добавками; и т.д.. [2]

### **1.1.5 Капиллярные дефектоскопические материалы**

Капиллярные дефектоскопические материалы применяют при капиллярном неразрушающем контроле и используют для пропитки, нейтрализации или удаления избытка проникающего вещества с поверхности и проявления его остатка с целью получения первичной информации о наличии несплошности в объекте контроля.

Дефектоскопические материалы выбирают в зависимости от требований, предъявляемых к объекту контроля, его состояния и условий контроля. Их укомплектовывают в целевые наборы, в которые входят

полностью или частично взаимообусловленные совместимые материалы. Этап обработки объекта дефектоскопическими материалами заключается в заполнении полостей дефектов индикаторным пенетрантом, удалении его избытка и нанесении проявителя.



Рисунок 8– Пример набора дефектоскопического материала

Совместимость дефектоскопических материалов в наборах или сочетаниях обязательна. Составы набора не должны ухудшать эксплуатационные качества материала контролируемого объекта. Набор дефектоскопических материалов– взаимозависимое целевое сочетание дефектоскопических материалов: индикаторного пенетранта, проявителя, очистителя и гасителя.

Индикаторный пенетрант (пенетрант) И– капиллярный дефектоскопический материал, обладающий способностью проникать в несплошности объекта контроля и индицировать их.

Очиститель от пенетранта (очиститель) М– капиллярный дефектоскопический материал, предназначенный для удаления индикаторного пенетранта с поверхности объекта контроля самостоятельно или в сочетании с органическим растворителем или водой.

Гаситель пенетранта (гаситель) Г– капиллярный дефектоскопический материал, предназначенный для гашения люминесценции или цвета остатков соответствующих индикаторных пенетрантов на поверхности объекта

контроля.

Проявитель пенетранта (проявитель) П– капиллярный дефектоскопический материал, предназначенный для извлечения индикаторного пенетранта из капиллярной полости несплошности с целью образования четкого индикаторного рисунка и создания контрастирующего с ним фона.

### **1.1.6 Чувствительность и оценка результатов контроля**

Чувствительностью капиллярного неразрушающего контроля называют качество капиллярного неразрушающего контроля, характеризуемо порогом, классом и целесообразным их сочетанием. Порог чувствительности капиллярного неразрушающего контроля– раскрытие несплошности типа единичной трещины определенной длины, выявляемое с заданной вероятностью по заданным геометрическому или оптическому параметрам следа. Верхнему порогу чувствительности соответствует наименьшее выявляемое раскрытие, а нижнему– наибольшее.

Геометрический параметр индикаторного рисунка– отношение среднего значения ширины индикаторного следа к раскрытию выявленной несплошности.

Оптический параметр индикаторного рисунка– отношение среднего значения яркости индикаторного следа к среднему значению яркости фона.

Фон поверхности– бездефектная поверхность объекта контроля, обработанная дефектоскопическими материалами. Дифференциальная чувствительность средства капиллярного – отношение изменения оптического и (или) геометрического параметра индикаторного следа к вызывающему его изменению раскрытия при неизменной глубине и длине несплошности типа единичной трещины.

Класс чувствительности капиллярного неразрушающего контроля– диапазон значений преимущественного раскрытия несплошности типа единичной трещины определенной длины при заданных условиях

вероятности выявления, геометрическом и (или) оптическом параметрах следа.

Таблица 1 – Классы чувствительности

Класс чувствительности	Наименование	Раскрытие, мкм
1	высокочувствительный	до 1
2	средней чувствительности	от 1 до 10
3	пониженной чувствительности	от 10 до 100
4	низкой чувствительности	от 100 до 500
5	технологический	не нормируется

### **1.1.7 Оценка сравнения качества дефектоскопических материалов по смачивающей способности**

Смачивающая способность зависит, главным образом, от поверхностного натяжения, которое определяет способность пенетранта не только растекаться по поверхности, но и проникать в трещину. Но при данном поверхностном натяжении вязкость играет чрезвычайно большую роль, так как она характеризует время проникновения жидкости в трещину. Поэтому при выборе составов жидкостей для капиллярных методов контроля нужно учитывать вязкость.

Так как текучесть равна обратной величине вязкости, то чем больше вязкость, тем длительнее процесс проникновения жидкости в микротрещину при прочих равных условиях.

Поэтому, в качестве основы пенетрантов широко применяют бензол, керосин, скипидар, ксилол и другие вещества, трудносмываемые водой.

В физике под смачивающей способностью жидкостей понимают проявление взаимодействия молекул на трехфазной границе существования твердой, жидкой и газообразной фаз, выражающееся в растекании жидкости



по поверхности твердого тела и образовании устойчивой поверхности раздела жидкость – твердое тело.[5]

Если жидкость касается твердого тела, то силы взаимодействия молекул жидкости между собой могут быть либо меньше, либо больше сил их взаимодействия с молекулами твердого тела. В первом случае наблюдается смачивание твердого тела, во втором – несмачивание. При нахождении в капилляре смачивающая жидкость представляет собой вогнутый мениск (рисунок 9 а). Несмачивающая жидкость образует выпуклый мениск (рисунок 9 б).

Краевой угол  $\theta$  между плоскостью, касательной к поверхности жидкости, и поверхностью стенки в точке границы смачивания называется углом смачивания. Угол отсчитывают внутрь жидкости.

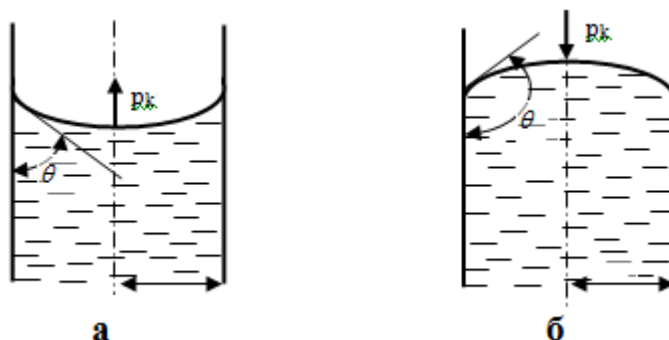


Рисунок 9 – Вогнутый (а) и выпуклый (б) мениски в капиллярных трубках, наполненных соответственно смачивающей и несмачивающей жидкостями

При  $\cos \theta = 1$  наблюдается полное смачивание, а при  $\cos \theta = \text{минус } 1$  – полное несмачивание. Существенное влияние на смачивание оказывает шероховатость поверхности – с ее повышением смачивание улучшается.

Явление смачивания тесно связано с явлением поверхностного натяжения.

Поверхностное натяжение является следствием действия силы, называемой внутренним давлением, которая стягивает молекулы внутри жидкости в направлении, перпендикулярном ее поверхности.

Лучшее смачивание обеспечивают жидкости с малым поверхностным

натяжением и небольшой вязкостью. В дефектоскопии используются в основном жидкости с относительно низким поверхностным натяжением от 0,02 до 0,03 Н/м и вязкостью от 3 до  $5 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с.

При неполном смачивании (жидкость по поверхности не растекается, а капля стремится принять сферическую форму) смачивающую способность жидкости оценивают с помощью равновесного краевого угла смачивания  $\theta$  на плоскости, для которого справедливо уравнение Юнга:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{т.г.} - \sigma_{т.ж.}}{\sigma_{ж.г.}}, \quad (1)$$

где  $\sigma_{т.г.}$  – поверхностное натяжение на границе тело – газ (воздух);

$\sigma_{т.ж.}$  – поверхностное натяжение на границе твердое тело – жидкость;

$\sigma_{ж.г.}$  – поверхностное натяжение на границе жидкость – газ.

Величину  $\cos \theta$  принято называть смачиванием и обозначать буквой  $S$ .

При полном смачивании (жидкость растекается по поверхности вплоть до образования мономолекулярного слоя), которое наблюдается в капиллярной дефектоскопии, равновесный краевой угол не устанавливается. Об эффективности смачивания судят по коэффициенту растекания:

$$S = \sigma_{т.г.} - \sigma_{т.ж.} - \sigma_{ж.г.}. \quad (2)$$

Полное смачивание или полное несмачивание (практически никогда не наблюдается) являются крайними случаями. Между ними в зависимости от соотношения молекулярных сил промежуточное положение занимают переходные случаи неполного смачивания (рисунок 10).

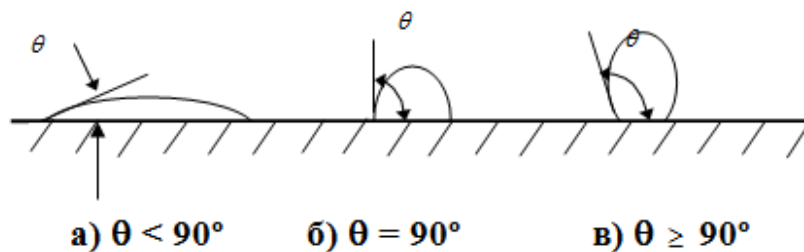


Рисунок 10 – Различные случаи неполного смачивания.

Однако из трех поверхностных натяжений  $\sigma_{т.г.}$ ,  $\sigma_{т.ж}$  и  $\sigma_{ж.г}$  можно измерить общедоступными методами только одно – поверхностное натяжение на границе жидкости с газообразной средой. Поверхностное натяжение твердого тела на границе с жидкой и газообразной фазами трудно определить экспериментально [8].

Физической основой капиллярных методов дефектоскопии является явление капиллярной активности, т. е. способность жидкости втягиваться в мельчайшие сквозные отверстия и открытые с одного конца каналы.

Капиллярная активность зависит от смачивающей способности твердого тела жидкостью. В любом теле на каждую молекулу со стороны других молекул действуют молекулярные силы сцепления. В твердом теле они больше, чем в жидком. Поэтому жидкости в отличие от твердых тел не обладают упругостью формы, но обладают большой объемной упругостью. Молекулы, находящиеся на поверхности тела, взаимодействуют как с одноименными молекулами тела, стремящимися втянуть их внутрь объема, так и с молекулами окружающей тело среды и обладают наибольшей потенциальной энергией. По этой причине перпендикулярно к границе в направлении внутрь тела возникает нескомпенсированная сила, называемая силой поверхностного натяжения. Силы поверхностного натяжения пропорциональны длине контура смачивания и, естественно, стремятся его уменьшить. Жидкость на металле в зависимости от соотношения межмолекулярных сил будет растекаться по металлу или соберется в каплю. Жидкость смачивает твердое тело, если силы взаимодействия (притяжения) жидкости с молекулами твердого тела больше, чем силы поверхностного натяжения. В этом случае жидкость будет растекаться по твердому телу.

Если же силы поверхностного натяжения больше, чем силы взаимодействия с молекулами твердого тела, то жидкость соберется в каплю.

При попадании жидкости в капиллярный канал ее поверхность искривляется, образуя так называемый мениск. Силы поверхностного натяжения стремятся уменьшить величину свободной границы мениска и в капилляре начинает действовать дополнительная сила, приводящая к всасыванию смачивающей жидкости. Глубина, на которую жидкость проникает в капилляр, прямо пропорциональна коэффициенту поверхностного натяжения жидкости и обратно пропорциональна радиусу капилляра. Иными словами, чем меньше радиус капилляра (дефекта) и лучше смачиваемость материала, тем жидкость быстрее и на большую глубину проникает в капилляр.

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

Целью данного раздела является оценка коммерческого и инновационного потенциала научно-исследовательской работы (НИР), планирование процесса управления НИР, определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности.

##### **4.1 Техничко–экономическое обоснование научно-исследовательской работы**

Работа направлена на исследование влияния вибрации, на проникновение жидкости в капилляре в неразрушающем контроле. В ходе выполнения работы были проведены экспериментальные опыты разных способов ускорения технологического процесса капиллярного контроля. Так же проведены все стадии капиллярной дефектоскопии с использованием необходимого оборудования и материалов.

Областью применения является капиллярный контроль.

Капиллярный контроль предназначен для выявления невидимых или слабо видимых невооруженным глазом поверхностных и сквозных дефектов (трещины, поры, раковины, непровары, межкристаллическая коррозия, свищи и т.д.) в объектах контроля, определения их расположения, протяженности и ориентации по поверхности.

Капиллярные методы применяют при контроле ответственных деталей в авиастроении, судостроении, энергетическом и сельскохозяйственном машиностроении, на железнодорожном транспорте, нефтегазовой отрасли и других отраслях промышленности.

Следовательно, потенциальными потребителями результатов исследований могут быть:

- лаборатории, проводящие контроль капиллярным методом контроля;
- аттестационные центры по неразрушающему контролю;
- различные машиностроительные и авиастроительные заводы;

- крупные компании федерального масштаба (ОАО «Газпром»).

#### 4.2 Планирование научно-исследовательской работы

Для детального планирования проведения исследовательских работ необходимо определить перечень этапов, работ и распределить исполнителей. В работе задействованы два человека: студент-исполнитель и научный руководитель. Планирование работы представлено в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение технического задания ВКР	Калиниченко А.Н. – руководитель; Минаков А.И. - студент-дипломник
<b>Проведение НИР</b>			
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение литературных данных и нормативно технических документов о капиллярном методе контроля	Минаков А.И.
	3	Выбор направления исследований	Калиниченко А.Н.
	4	Календарное планирование работ по теме	Калиниченко А.Н. Минаков А.И.
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Поиск и обеспечение необходимых материалов для проведения исследований	Калиниченко А.Н. Минаков А.И.
	6	Составление схем экспериментов и проведение	Минаков А.И.
	7	Обработка результатов экспериментов	Калиниченко А.Н. Минаков А.И.
Обобщение и оценка результатов	8	Анализ полученных данных сравнения источников	Калиниченко А.Н. Минаков А.И.
Оформление отчета по НИР	9	Составление пояснительной записки	Минаков А.И.

В результате мы получаем наглядную таблицу и список отражающие

перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

#### 4.3 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3 \cdot t_{mini} + 2 \cdot t_{maxi}}{5}, \quad (1)$$

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

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного 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.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (2)$$

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

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

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

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k, \quad (3)$$

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

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

$k$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k = \frac{T_{кг}}{T_{кг} - T_{вд} - T_{пд}}, \quad (4)$$

где  $T_{кг}$  – количество календарных дней в году;

$T_{вд}$  – количество выходных дней в году;

$T_{пд}$  – количество праздничных дней в году.

$$k = \frac{365}{365 - 118} = 1,48 \approx 2$$

Определим удельное значение каждой работы в общей продолжительности работ:

$$y_i = \frac{T_{pi}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где  $y_i$  – удельное значение каждой работы в %;

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

$T_p$  – суммарная продолжительность темы, раб.дн.

Тогда техническую готовность темы  $\Gamma_i$ , можно рассчитать по формуле:

$$\Gamma_i = \frac{\sum_{j=1}^{i-1} T_{pj}}{T_p} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где  $\sum T_{pi}$  – нарастающая продолжительность на момент выполнения  $i$ -той работы.

Результаты расчетов приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Временные показатели проведения научного исследования



№ раб .	Исполнители	Трудоемкость работ			раб. дн $T_{pi}$	кал. дн. $T_{ki}$	$Y_i$ , %	$\Gamma_i$ , %
		$t_{min}$ , чел- дни	$t_{max}$ , чел - дни	$t_{ож}$ , чел- дни				
1	Калиниченко А.Н. Минаков А.И.	1	2	1	1	2	1,52	1,52
2	Минаков А.И.	12	13	12	12	24	18,18	19,7
3	Калиниченко А.Н.	1	2	1	1	2	1,52	21,22
4	Калиниченко А.Н. Минаков А.И.	4	5	4	4	8	6,06	27,28
5	Калиниченко А.Н. Минаков А.И.	25	60	25	25	50	37,88	65,16
6	Минаков А.И.	4	6	4	4	8	6,06	71,22
7	Минаков А.И.	3	4	3	3	6	4,55	75,77
8	Калиниченко А.Н. Минаков А.И.	2	3	2	2	4	3,03	78,8
9	Минаков А.И.	14	18	14	14	28	21,21	100
						132		

В результате расчета трудоемкости работ получили, что научно-исследовательская работа займет 132 календарных дня. Наиболее долгий этап работы это поиск и обеспечение необходимых материалов для проведения исследований. Это связано с заказом стеклянных капилляров и длительным временем их доставки. [1]

#### 4.4 Построение графика работ

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

На основе таблицы 2 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе таблицы 10 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом



Ганта, т.е. по данной диаграмме можно увидеть даты начала и окончания каждого из вида работ. Некоторые из работ могут проводиться параллельно, что позволяет сократить время выполнения работ и снизить затраты на научную исследовательскую работу.

#### **4.5 Расчет бюджета затрат на НИР**

Для планирования бюджета на научно-исследовательскую работу необходимо отразить все виды расходов, связанных на выполнение исследования. В список расходов включены следующие виды затрат:

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты на научные и производственные командировки;
- накладные расходы научно-исследовательской работы. [3]

##### **4.5.1 Расчет материальных затрат**

Материальные затраты – это затраты на материалы, используемые при разработке проекта. Например в данной работе затраты включают в себя:

- приобретение сырья и материалов, необходимых для исследования;
- приобретение сырья и материалов используемые в процессе исследования;
- сырье и материалы, покупные комплектующие изделия и полуфабрикаты, используемые в качестве объектов исследований и для эксплуатации технического обслуживания – объектов испытаний;
- Приобретение необходимого оборудования и экспериментальной установки для исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_{\text{м}} = (1 + k_{\text{T}}) + \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (7)$$

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

$N_{расхи}$  – 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.

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. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 11.

Таблица 11 – Материальные затраты на НИР (руб.)

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Набор дефектоскопических материалов Вуcotest	шт.	1	1 800	1 800
Стеклянные капилляры(упаковка)	шт.	2	500	1000
Контрольный образец	шт.	4	5 000	20 000
<u>Вибростенд Sentek Dynamics T10056A</u>	шт.	1	130 000	130 000
Итого				152 800

Цена за единицу товара указана с учетом доставки материальных ресурсов и поставок. Следовательно затраты на материалы и оборудование для проведения исследования составили 152 800 руб.

#### 4.5.2 Основная заработная плата исполнителей темы

В основную заработную плату исполнителей темы включается, плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных

мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИР, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (8)$$

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

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

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (9)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, р. дней (таблица 2);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (10)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, р. дней (таблица 21).

Таблица 12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365

Количество нерабочих дней:		
- выходные дни	102	54
- праздничные дни	16	12
Потери рабочего времени:		
- отпуск	28	28
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	220	272

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (11)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

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

$k_d$  – 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  $Z_{тс}$ );

$k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата  $Z_{тс}$  находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда  $T_{ci} = 600$  руб. на тарифный коэффициент  $k_t$  и учитывается по единой для бюджетных организаций тарифной сетке. Расчет основной заработной платы приведен в таблицы 13.

Таблица 13 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Разряд	$k_t$	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_d$	$k_p$	$Z_m$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Руководитель	доцент к.т.н.	9,3	5580	0,3	0,4	1,3	23264	775	66	51150
Студент	1	1,2	720	0,3	0,4	1,3	1591	81	130	10530
Итого $Z_{осн}$										61680

Основная заработная плата руководителей рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда, которая предполагает состав заработной платы:

1) Оклад – определяется предприятием. Оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, старший преподаватель, доцент, профессор.

2) Стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд и т.д.

3) Иные выплаты; районный коэффициент.

#### **4.5.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы**

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:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (12)$$

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

$$Z_{\text{доп р1}} = 51150 \cdot 0,15 = 7673 \text{ руб.} \quad (13)$$

$$Z_{\text{доп ст}} = 10530 \cdot 0,15 = 1580 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп}} = 7673 + 1580 = 9253 \text{ руб.}$$

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

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.). [3]

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 14

Таблица 14 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды
Руководитель	51150	7673	15898
Студент	10530	1580	3272
Итого			19170

Отчисления во внебюджетные фонды составили 19170 рублей.

#### 4.5.5 Накладные расходы

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

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 4) \cdot k_{нр},$$

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

Величину коэффициента накладных расходов в размере 16%.

$$Z_{накл} = (215100 + 51150 + 7673 + 10530 + 1580) \cdot 0,16 = 45765 \text{ руб.}$$

Следовательно расходы на прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов составили 45765 рублей.



#### **4.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта**

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основной для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведет в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат НИР

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИР	152 800	Пункт 4.5.1
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей проекта	61680	Пункт 4.5.2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	9253	Пункт 4.5.3
4. Отчисления во внебюджетные фонды	19170	Пункт 4.5.4
5. Накладные расходы	45765	16% от суммы ст. 1-4
6. Бюджет затрат НИР	288 668	Сумма ст. 1-5

Бюджет и затраты на исследовательскую работу составили 288 668 рублей. Общая продолжительность исследования составляет 132 календарных дня. Согласно смете затрат, наибольшие затраты идут на основную заработную плату научно-производственного персонала и материальные затраты.

#### **4.7 Определение научно-технического уровня исследования**

Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности исследования необходимо: рассчитать коэффициент научно-технического уровня. Коэффициент НТУ рассчитывается при помощи метода балльных оценок, в котором каждому из признаков НТУ присваивается определенное число баллов по принятой шкале. Общую оценку приводят по

сумме баллов по всем показателям с учетом весовых характеристик. Общая оценка рассчитывается по формуле:

$$HTY = \sum_{i=1}^n k_i \cdot \Pi_i,$$

где  $k_i$  – весовой коэффициент  $i$  – го признака;

$\Pi_i$  – количественная оценка  $i$  – го признака. [4]

Таблица 16 – Весовые коэффициенты НТУ

Признаки НТУ	Весовой коэффициент
Уровень новизны	0.6
Теоретический уровень	0.4
Возможность реализации	0.2

Таблица 17 – Шкала оценки новизны

Баллы	Уровень
1-4	Низкий НТУ
5-7	Средний НТУ
8-10	Сравнительно высокий НТУ
11-14	Высокий НТУ

Таблица 18 – Значимость теоретических уровней

Характеристика значимости теоретических уровней	Баллы
Установка законов, разработка новой теории	10
Глубокая разработка проблем, многосторонний анализ, взаимозависимость между факторами	8
Разработка способа (алгоритм, устройство, программы)	6
Элементарный анализ связей между факторами (наличие гипотезы, объяснение версий, практические рекомендации)	2
Описание отдельных факторов (свойств, опыта, результатов)	0.5

Таблица 19 – Возможность реализации по времени и масштабам

<u>Время реализации</u>	Баллы
В течение первых лет	10
От 5 до 10 лет	4
Свыше 10 лет	2
<u>Масштабы реализации</u>	Баллы
Одно или несколько предприятий	2
Отрасль	4
Народное хозяйство	10

$$H_T = 0.6 \cdot 10 + 0.4 \cdot 2 + 0.2 \cdot (10 + 4) = 9,6$$

По полученным результатам расчета коэффициента научно-технического уровня можно сделать вывод, что данный проект имеет сравнительно высокий уровень научно-технического эффекта, равный 9,6.

В экономическом разделе выпускной квалификационной работе подробно приведен «портрет» потребителя. Было проведено планирование и составлены графики научно технического исследования. Всего требуется 132 рабочих дня на реализацию научно технического исследования. Составлена смета затрат на научно техническое исследование. Проведен расчет заработной платы, материальные и накладные расходы. Величина затрат на реализацию НТИ составила 288 668 рублей.