

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

---

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
Направление подготовки 27.04.01 Стандартизация и метрология  
Отделение автоматизации и робототехники

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Визуальный способ мониторинга кислотности пастеризованного молока</b>

УДК 637.141.3.07:543.4

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ61	Зиновьева Екатерина Юрьевна		

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ВКР	А. В. Суханов	канд. хим. наук		
Руководитель ООП	А. И. Заревич	канд. техн. наук		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ШИП	Н. В. Шаповалова			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД, ИШНКБ	И. А. Авдеева			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ОАР	С. В. Леонов	канд. техн. наук		

## Планируемые результаты обучения по направлению 27.04.01 «Стандартизация и метрология»

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 решения комплексных задач метрологического обеспечения, контроля качества, технического регулирования и проверки соответствия с использованием существующих и новых технологий, и учитывать в своей деятельности экономические, экологические аспекты и вопросы энергосбережения	Требования ФГОС (ОК-12, 13, 15, 16, 19; ПК- 17, 18, 19, 21, 22, 26). Критерий 5 АИОР (п.1.1, 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Выполнять работы по метрологическому обеспечению и техническому контролю, определять номенклатуру измеряемых и контролируемых параметров, устанавливать оптимальные нормы точности и достоверности контроля, выбирать средства измерений и контроля, предварительно оценив экономическую эффективность техпроцессов, кроме того, уметь принимать организационно-управленческие решения на основе экономического анализа	Требования ФГОС (ОК-5, ПК-3, 4, 8, 12, 23, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.4, 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Выполнять работы в области стандартизации и сертификации: по созданию проектов стандартов, методических и нормативных материалов и технических документов, по нормоконтролю и экспертизе технической документации, участвовать в проведении сертификации продукции, услуг, систем качества и систем экологического управления предприятием, участвовать в аккредитации органов по сертификации, измерительных и испытательных лабораторий	Требования ФГОС (ОК-17, 19; ПК-1, 6, 7, 8, 11, 14, 16, 17, 18, 21, 24). Критерий 5 АИОР (п.1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Выполнять работы в области контроля и управления качеством: участвовать в оперативной работе систем качества, анализировать оценку уровня брака и предлагать мероприятия по его предупреждению и устранению, участвовать в практическом освоении систем менеджмента качества	Требования ФГОС (ОК-3, 9, 15, ПК-2, 5, 11, 12, 13, 15, 21). Критерий 5 АИОР (п. 1.5, 1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Использовать базовые знания в области экономики, проектного менеджмента и практики ведения бизнеса, в том числе менеджмента рисков и изменений, для ведения комплексной инженерной деятельности; проводит анализ затрат на обеспечение требуемого качества и деятельности подразделения, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	Требования ФГОС (ОК-8, 9, 18, ПК-10, 25). Критерий 5 АИОР (п.2.1, 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P6	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ОК-3, 4, 5). Критерий 5 АИОР (п.2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P7	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена команды по междисциплинарной тематике, а также руководить командой, демонстрировать ответственность за результаты работы	Требования ФГОС (ОК-3, 18, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требование ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, разрабатывать документацию, представлять и защищать результаты инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-17,19). Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Ориентироваться в вопросах безопасности и здравоохранения, юридических и исторических аспектах, а также различных влияниях инженерных решений на социальную и окружающую среду	Требования ФГОС (ОК-1, 13, 14, ПК-26). Критерий 5 АИОР (п.2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Следовать кодексу профессиональной этики, ответственности и нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ОК-6, 7). Критерий 5 АИОР (п.1.6, 2.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EURACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки 27.04.01 Стандартизация и метрология  
 Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ А. И. Заревич  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

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

В форме:

магистерской диссертации
--------------------------

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ61	Зиновьевой Екатерине Юрьевне

Тема работы:

Визуальный способ мониторинга кислотности пастеризованного молока
---

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3610/с от 21.05.2018 г.
---	---------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	19.06.18
--	----------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><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>Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (утвержденная распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р)</p> <p>ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»</p> <p>ГОСТ 31450-2013 Молоко питьевое. Технические условия</p> <p>ГОСТ Р 54669-2011 Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности.</p> <p>ГОСТ 32892-2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности</p> <p>РМГ 61-2010 Государственная система</p>
---	---

	обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><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>1 Способы оценки качества молока</p> <p>1.1 Интеллектуальная упаковка пищевой продукции</p> <p>1.2 Традиционные методы оценки качества молока</p> <p>1.3 Новейшие разработки в области контроля качества молока</p> <p>1.4 Процесс скисания молока</p> <p>2 Экспериментальная часть</p> <p>2.1 Полиметакрилатная матрица</p> <p>2.2 Реактивы и оборудование</p> <p>2.3 Изменение кислотно-основных свойств молока в течение хранения</p> <p>2.4 Иммобилизация индикатора в матрицу</p> <p>2.5 Влияние кислотности раствора на иммобилизованный реагент</p> <p>2.6 Влияние кислотности молока на иммобилизованный реагент</p> <p>3 Обработка и обсуждение результатов</p> <p>3.1 Выбор индикатора, иммобилизованного в матрицу</p> <p>3.2 Влияние кислотности раствора на иммобилизованный реагент</p> <p>3.3 Оценка свежести молока с помощью полиметакрилатной матрицы при комнатной температуре</p> <p>3.4 Оценка показателей точности, правильности, прецизионности</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	Презентация, выполненная в программе Microsoft Power Point.
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Н.В. Шаповалова, старший преподаватель ШИП
Социальная ответственность	И.А. Авдеева, ассистент ОКД, ИШНКБ
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
Способы оценки качества молока	

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

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР, ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	кандидат химических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ61	Зиновьева Екатерина Юрьевна		

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

Студенту:

Группа	ФИО
8ГМ61	Зиновьевой Екатерине Юрьевне

Школа	ИШИТР	Отделение	ОАР
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	27.04.01 «Стандартизация и метрология»

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<i>Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, ставки налоговых отчислений во внебюджетные фонды, районный коэффициент по г. Томску</i>
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 и инновационного потенциала НТИ	– потенциальные потребители результатов исследования; – анализ конкурентных технических решений; – инициация проекта.
2. Разработка устава научно-технического проекта	– определение целей и результатов проекта; – определение участников проекта.
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	– структура работ в рамках научного исследования; – определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования; – бюджет научно-технического исследования.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	– оценка сравнительной эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Диаграмма Ганта
2. График проведения и бюджет НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	28.03.2018 г.
--	---------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ШИП	Шаповалова Наталья Владимировна			28.03.2018

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ61	Зиновьева Екатерина Юрьевна		28.03.2018

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ГМ61	Зиновьевой Екатерине Юрьевне

<b>Институт</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Кафедра</b>	<b>ОАР</b>
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	27.04.01 «Стандартизация и метрология»

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

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>В разделе ВКР «Социальная ответственность» рассматриваются особенности организации рабочего места инженера-метролога, занимающегося разработкой способа визуального мониторинга кислотности молока с целью оценки его свежести. Исследования проводились в лаборатории Национального исследовательского Томского государственного университета, специально оборудованной для этих целей. Рабочее место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером и спектрофотометром Shimadzu – UV 1800. Работа производится сидя, при небольшом физическом напряжении. Обработка полученной информации с прибора и её визуализация производится на компьютере, состоящем из системного блока и монитора, таким образом, выполняемые работы сводятся к взаимодействию с персональным компьютером.</i></p>
---	---

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

<p><b>1. Производственная безопасность</b></p>	<p><i>Проводится анализ выявленных вредных факторов производственной среды, таких как:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отклонение показателей микроклимата;</li> <li>- повышенный уровень электромагнитных, ионизирующих излучений;</li> <li>- недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>- нервно-психические перегрузки (умственные перегрузки, монотонность труда, физические перегрузки).</li> </ul> <p><i>Анализ выявленных опасных факторов производственной среды, таких как:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- опасность поражения электрическим током (источник – персональный компьютер);</li> <li>- статическое электричество;</li> <li>- короткое замыкание.</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность</b></p>	<p><i>Анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу, литосферу:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сточные воды и бытовой мусор;</li> <li>- утилизация отходов полимеров;</li> <li>- утилизация отходов люминесцентных ламп.</li> </ul>
<p><b>3. Безопасность в</b></p>	<p><i>Возможно возникновение ЧС техногенного характера –</i></p>

<b>чрезвычайных ситуациях</b>	<i>пожар (возгорание).</i>
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	<p><i>Рабочее место при выполнении работ в положении сидя должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</i></p> <p><i>Требования к организации оборудования рабочих мест с ПК регулируется СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы».</i></p> <p><i>Правовые нормы трудового законодательства устанавливаются Трудовым кодексом Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ</i></p>

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	03.03.2018
---	------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОКД, ИШНКБ	Авдеева Ирина Ивановна			03.03.2018

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ61	Зиновьева Екатерина Юрьевна		03.03.2018

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

Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология  
 Уровень образования – Магистратура  
 Отделение автоматизации и робототехники  
 Период выполнения (осенний / весенний семестр 2017/2018 учебного года)

Форма представления работы:

магистерская диссертация
--------------------------

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	19.06.18
--	----------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.03.18	Литературный обзор	
19.03.18	Выбор индикатора	
09.04.18	Иммобилизация индикатора в ПММ	
23.04.18	Получение спектральных характеристик индикатора, иммобилизованных в ПММ	
30.04.18	Апробация способа на реальном объекте	
07.05.18	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение	
14.05.18	Социальная ответственность	
30.05.18	Оценка показателей точности, правильности, прецизионности согласно РМГ 61-2010	
16.06.18	Оформление расчетно-пояснительной записки	

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР, ИШИТР	А. В. Суханов	канд. хим. наук		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР, ИШИТР	А. И. Заревич	канд. техн. наук		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 101 с., 16 рис., 28 табл., 31 источник, 3 прил.

Ключевые слова: колориметрический сенсор, полиметакрилатная матрица, 2,6-дихлорфенолиндофенол, молоко, кислотность, свежесть, интеллектуальная упаковка.

Объектом исследования является колориметрический сенсор (КС), представленный в виде индикатора 2,6-дихлорфенолиндофенол (ДХФ), иммобилизованного в полиметакрилатную матрицу (ПММ).

Цель работы – разработка визуального способа мониторинга кислотности пастеризованного молока. Данный способ позволяет произвести оценку качества молока на основании изменения цвета индикатора встроенного в интеллектуальную упаковку для хранения пастеризованного молока, что позволяет потребителю определить степень свежести визуально.

В результате работы установлена зависимость кислотности молока от времени хранения; разработан КС на основе ПММ с иммобилизованным ДХФ; установлен отклик КС в зависимости от кислотности молока; предложен способ оценки кислотности молока с использованием разработанного КС; проведена оценка показателей качества предложенного способа; проведена апробация способа на реальном объекте.

Результаты работы предполагается использовать для создания интеллектуальной упаковки пастеризованного молока, которая способствует улучшению качества потребляемой продукции.

## Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ Р 54669-2011. Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности.
2. ГОСТ 32892-2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности.
3. ГОСТ 19881-74 Анализаторы потенциометрические для контроля рН молока и молочных продуктов. Общие технические условия
4. ГОСТ Р 53228-2008 Весы неавтоматического действия. Часть 1. Метрологические и технические требования. Испытания.
5. ГОСТ 1770-74. Посуда мерная лабораторная стеклянная. Цилиндры, мензурки, колбы, пробирки. Общие технические условия.
6. ГОСТ 25336-82 Посуда и оборудование лабораторные стеклянные. Типы, основные параметры и размеры.
7. ГОСТ 28311-89. Дозаторы медицинские лабораторные. Общие технические требования и методы испытаний.
8. ГОСТ 25794.1-83 Реактивы. Методы приготовления титрованных растворов для кислотно-основного титрования.
9. РМГ 61-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки

## Определения

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

**активная кислотность:** Концентрация ионов водорода в жидком или пастообразном продукте, или водной суспензии продукта, выраженная в единицах pH.

**результат анализа:** Среднее значение (среднее арифметическое значение или медиана) результатов единичного анализа.

**результат единичного анализа:** Значение содержания компонента в пробе вещества (материала), полученное при однократной реализации процедуры анализа.

**показатель точности методики анализа:** Значение неопределенности или характеристики погрешности, установленное для любого результата анализа, полученного при соблюдении требований и правил данной методики.

**показатель правильности методики анализа:** Значение неопределенности смещения или приписанной характеристики систематической погрешности, полученное на основе результатов измерений разных лабораторий.

**показатель воспроизводимости методики анализа:** Значение неопределенности или приписанной характеристики случайной погрешности результатов анализа, полученных по методике в условиях воспроизводимости.

**показатель повторяемости методики анализа:** Значение неопределенности или приписанной характеристики случайной погрешности результатов единичного анализа, полученных по методике в условиях повторяемости.

## Оглавление

Введение.....	17
1 Способы оценки качества молока .....	19
1.1 Интеллектуальная упаковка пищевой продукции.....	19
1.2 Традиционные методы оценки качества молока .....	24
1.3 Новейшие разработки в области контроля качества молока.....	28
1.4 Процесс скисания молока .....	32
2 Экспериментальная часть.....	34
2.1 Полиметакрилатная матрица .....	34
2.2 Реактивы и оборудование .....	34
2.2.1 Спектрофотометр Shimadzu UV-1800.....	34
2.2.2 Иономер лабораторный И-160.....	36
2.2.3 Спектрофотометр AvaSpec-2048.....	37
2.2.4 Оборудование, необходимое для приготовления растворов.....	38
2.2.5 Исходные вещества и реагенты.....	39
2.3 Изменение кислотно-основных свойств молока в течение хранения ....	39
2.4 Иммобилизация индикатора в матрицу.....	39
2.5 Влияние кислотности раствора на иммобилизованный реагент.....	40
2.6 Влияние кислотности молока на иммобилизованный реагент .....	40
3 Обработка и обсуждение результатов.....	42
3.1 Выбор индикатора, иммобилизованного в матрицу.....	42
3.2 Влияние кислотности раствора на иммобилизованный реагент.....	44
3.3 Оценка свежести молока с помощью полиметакрилатной матрицы при комнатной температуре .....	47
3.4 Оценка показателей точности, правильности, прецизионности .....	52
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	55
4.1 Предпроектный анализ.....	55
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	55

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	56
4.2 Инициация проекта .....	57
4.2.1 Цели и результат проекта.....	57
4.3 Планирование НИР .....	59
4.3.1 Планирование этапов и работ по выполнению НИР.....	59
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	60
4.3.3 Разработка календарного плана работ.....	61
4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	63
4.4.1 Состав затрат, включаемых в себестоимость НТИ .....	63
4.4.2 Расчет затрат НТИ .....	64
4.4.2.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	64
4.4.2.2 Основная заработная плата исполнителей темы .....	64
4.4.2.3 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	66
4.4.2.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	67
4.4.2.5 Накладные расходы .....	68
4.4.2.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .....	68
4.5 Определение ресурсоэффективности исследования .....	69
4.6 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент» .....	72
5 Социальная ответственность .....	73
5.1 Производственная безопасность .....	73
5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования .....	73
5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований. ....	73
5.1.3 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	74
5.1.3.1 Недостаточная освещённость рабочей зоны .....	74
5.1.3.2 Повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряжённость электрического поля .....	76

5.1.3.3 Отклонения показателей микроклимата .....	77
5.1.3.4 Нервно-психические перегрузки.....	78
5.1.4 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.....	79
5.1.4.1 Опасность поражения электрическим током.....	79
5.1.4.2 Короткое замыкание.....	80
5.1.4.3 Статическое электричество .....	80
5.2 Экологическая безопасность.....	81
5.2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду. ....	81
5.2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды .....	82
5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	83
5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	84
5.4.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя .....	84
5.4.2 Специальные правовые нормы трудового законодательства .....	85
5.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность».....	85
Список использованных источников .....	88
Приложение А .....	92
Приложение Б.....	100
Приложение В.....	101

## Введение

Свежесть является одним из важнейших параметров качества пищевой продукции. Степень свежести продуктов питания без нарушения целостности упаковки потребитель может оценить только по дате изготовления и сроку годности, указанному на упаковке. Однако зачастую продукт может портиться даже в течение заявленного срока годности, например, из-за неправильных условий хранения и транспортировки. Покупка такой продукции может навредить здоровью и безопасности потребителя. Решением данной проблемы может служить интеллектуальная упаковка. Такая упаковка способна сообщить покупателю о состоянии продукта, что позволяет обеспечить безопасность и здоровье потребителя. В основе работы интеллектуальной упаковки лежат визуальные способы оценки качества пищевой продукции, что делает актуальной задачу их разработки [1].

Одним из путей решения этой задачи может быть использование колориметрических сенсоров. Колориметрический сенсор позволяет отображать параметры анализируемого объекта путем изменения своих цветовых характеристик. Для повышения точности измерений, отклик колориметрического сенсора может быть зафиксирован как спектрофотометрически, так и популярным в последнее время методом цифрового цветометрического анализа. Но главным преимуществом колориметрического сенсора является возможность визуального наблюдения его отклика без специального оборудования.

В настоящей работе представлен пример колориметрического сенсора для определения кислотности упакованного пастеризованного молока с целью оценки его свежести.

Объектом исследования является колориметрический сенсор, представленный в виде индикатора 2,6-дихлорфенолиндофенол, иммобилизованного в полиметакрилатную матрицу. Оценка качества

производится на основании изменения цвета индикатора встроенного в интеллектуальную упаковку для хранения пастеризованного молока, что позволяет потребителю определить степень свежести визуально.

Цель данной работы – разработка способа визуального мониторинга кислотности молока.

Для достижения цели работы необходимо решить следующие задачи:

а) установить зависимость кислотности молока от времени хранения;  
б) разработать колориметрический сенсор для определения кислотности молока:

1) выбрать кислотно-основной индикатор для иммобилизации в ПММ;

2) установить закономерность влияния кислотности молока на спектральные характеристики кислотно-основного индикатора, иммобилизованного в ПММ;

в) оценить показатели качества способа определения кислотности упакованного пастеризованного молока с использованием разработанного КС;

г) апробировать КС на реальном объекте.

В первом разделе рассматриваются традиционные и современные способы оценки качества молока.

Во втором разделе описывается экспериментальная часть разработки индикатора свежести пастеризованного молока.

Третий раздел посвящен обработке и обсуждению полученных результатов.

В четвертом разделе представлена оценка объекта исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, а также технико-экономическому обоснованию ВКР.

В пятом разделе рассматриваются особенности организации рабочего места инженера-метролога, занимающегося разработкой способа визуального мониторинга кислотности молока с целью оценки его качества.

## **1 Способы оценки качества молока**

### **1.1 Интеллектуальная упаковка пищевой продукции**

Любая пищевая продукция является биологически активной системой, т.е. выделяет влагу, газы, портится с течением времени. Интеллектуальная упаковка способна продлить срок хранения продуктов, регулируя процессы, происходящие в них, а также сообщить покупателю о состоянии продукта, что позволяет обеспечить безопасность и здоровье потребителя.

Впервые термин интеллектуальная, или умная упаковка стал использоваться в начале 90-х годов XX века в США. Тогда под ним подразумевались лишь этикетки со встроенными чипами, позволяющие предотвращение хищений в магазинах с открытым доступом к товарам, а также совершенствование технологических и организационных решений по внутрикорпоративной логистике [2].

Выделяется две основные функции интеллектуальной упаковки. Одна из них заключается в ее влиянии на продукт, продление срока его годности и сохранения потребительских качеств: вкуса, цвета и т.д. Сам материал, из которого упаковка изготовлена, является биологически активным: в полимерной матрице плотно удерживаются иммобилизованные добавки (например, соединениями карбоната калия, энзимы-поглотители газов и влаги, ароматизаторы, антимикробные препараты). Упаковка позволяет регулировать микробиологический баланс внутри, срок хранения, например, колбасы, мяса в такой упаковке продлевается в 2–3 раза. Зачастую в интеллектуальной упаковке используется модифицированная и регулируемая воздушная среда. Это довольно дорогостоящая технология, однако высокий процент сохранности, например, фруктов и овощей, которые не теряют влагу и не гниют, окупает ее применение, особенно в условиях складского хранения.

Примером нестандартного подхода к такой умной упаковке, может служить разработка российской компании «SmartPack». Принципиально

новая упаковка для жидкостей технологична и проста в использовании. Она позволяет отдельно хранить компоненты продукта без добавления консервантов. Готовый продукт получается в результате одного поворота крышки, то есть непосредственно перед использованием (рисунок 1.1). Смешивание происходит мгновенно. Благодаря чему, не теряются полезные свойства продукта, а срок его хранения значительно увеличивается. Умная упаковка представляет собой резервуар, состоящий из ёмкости с основным компонентом, контейнера с вводимым компонентом и элементов приведения его в действие [2].



Рисунок 1.1 – Впрыск консервантов в жидкость

Вторая функция интеллектуальной упаковки – анализ влияния окружающей среды на состояние продукта и информирование об этом состоянии потребителя. Потребитель получит сведения об истечении срока годности товара или несоответствии требованиям условий его хранения и транспортировки. Необходимость в такой упаковке имеется в первую очередь у скоропортящихся продуктов: молочная, мясная, рыбная продукция [3].

Принцип индикаторов «температура – время» основывается на зависящих от температуры и времени физических, химических, микробиологических и ферментативных реакциях. При этом характеристики

реакции обычно однозначно проявляются через изменение цвета. Эти видимые изменения на маленьких, недорогих этикетках позволяют сделать вывод об условиях хранения упакованных пищевых продуктов. Так, высокая температура приводит к быстрым изменениям, а низкая, наоборот, – к медленным.

Разработка первых индикаторов «температура – время» началась еще в 1932 г. Тем не менее, до сих пор только небольшое число прототипов готово для практического применения. Важнейшими предпосылками для практического применения являются простое обращение с индикатором (считываемость, активирование, хранение) и высокая надежность. Кроме того, применяемые вещества не должны быть токсичными. Индикатор не должен быть подвержен влиянию внешних факторов, таких как влажность воздуха, свет и др. Наконец, зависящие от температуры и времени реакции индикатора должны быть визуализированы.

Благодаря интеграции индикаторов «температура – время» в упаковку пищевых продуктов у поставщиков появляется возможность продемонстрировать любому клиенту корректное обращение с поставляемым продуктом в отношении температуры хранения и транспортировки простым и недорогим способом. Одновременно во время входного контроля можно получить дополнительную информацию, позволяющую оценить свежесть и качество или оставшуюся устойчивость при хранении. При этом нужно различать принцип в порядке очереди от принципа минимального срока годности в порядке поступления. Кроме того, индикаторы «температура – время» помогают потребителям оценить свежесть продукта.

Использование индикаторов «температура – время» предоставляет много преимуществ. К недостаткам относятся трудоемкие исследования динамики порчи продукта, связанные с применением таких индикаторов. Поскольку каждый продукт имеет различную картину порчи, то ее и нужно в первую очередь определять. Только потом можно приспособить индикатор

«температура – время» к любому пищевому продукту, сделав таким образом возможным контроль его свежести.

До сих пор индикаторы «температура – время» применялись только в США (Trader Joes) и Франции (Monoprix) для контроля пищевых продуктов. Всемирная организация здравоохранения использует такие этикетки для контроля холодильной цепи при транспортировке вакцин.

Индикаторы свежести отличаются от индикаторов «температура – время» тем, что показывают сиюминутный уровень свежести продукта, не касаясь его температурной истории. Принцип индикаторов свежести основывается на прямом взаимодействии пищевого продукта и индикатора. Изменения, которые происходят в пищевых продуктах и, в конце концов, напрямую влияют на состояние свежести, могут привести к росту микроорганизмов и связанному с этим процессу обмена веществ. Индикаторы свежести, как правило, определяют наличие таких продуктов обмена веществ, как диоксид углерода, диоксид серы, аммиак, этанол, токсины и органические кислоты. Основой для этого является реакция между индикатором и летучим метаболитом, который может образоваться в процессе роста нежелательных микроорганизмов в продукте.

Примером индикатора, использующегося для оценки свежести пищевых продуктов, может служить индикатор Fresh Tag фирмы Cox Records (США) — система, которая реагирует на летучие амины в незаполненной продуктом верхней части упаковки изменением цвета. Индикатор-этикетка (рисунок 1.2) состоит из пластикового чипа, в который вставлен реагент, соединенного с фитилем. За счет нанесения этикетки на упаковку или установки внутри нее зацепки или крючка с одновременным прокалыванием незаполненной верхней части упаковки происходит контакт между газом в упаковке и реагентом. По изменению цвета можно судить о том, какое количество аминов проникло в фитиль.



Рисунок 1.2 – Индикатор свежести Fresh Tag фирмы Cox Recorders

Система Food Sensinel фирмы Sira Technologies (США), напротив, основывается на иммунно-химической реакции. Для этого комплекс антител соединен в систему штрих-кодов. Наличие определенного микроорганизма становится заметно благодаря возникновению черной полосы на штрих-коде, которую не нужно различать с помощью сканера. Система разработана в Университете штата Луизиана и может применяться в логистической цепочке изделий из мяса. Одновременно предусмотрены индикаторы свежести для обнаружения кишечной палочки и сальмонелл.

Индикаторная система Toxin Guard компании Toxin Alert дает возможность обнаруживать патогенные микроорганизмы благодаря использованию иммобилизирующих антител. Toxin Guard также работает на основе комплекса антител. Эта фирма располагает и другими системами, позволяющими доказывать наличие не только патогенных микроорганизмов, но и других специфических опасностей пищевых продуктов, например остатков пестицидов и генетических изменений [4].

Также в качестве хорошего примера можно привести изобретение японской компании To-Genkyo (рисунок 1.3), которое поможет удостовериться в свежести покупаемых продуктов.



Рисунок 1.3 – Интеллектуальная упаковка для мясной продукции

Такая упаковка показывает покупателю свежесть того или иного товара. Ценники меняют цвет в зависимости от выделяемого мясными продуктами аммиака. С их помощью легко определить, насколько свежий товар лежит на прилавке [2].

## 1.2 Традиционные методы оценки качества молока

Качество молока определяется органолептическими показателями – внешний вид, консистенция, вкус и запах, цвет, и физико-химическими показателями, такими как чистота, термоустойчивость, кислотность и другие. Свежесть молока обусловлена показателями кислотности [5].

Оценка свежести молока с достаточной точностью является непростой технической задачей, что создает проблемы, как для производителей молочной продукции, так и для потребителей. Порой молоко даже в течение заявленного срока годности портится в связи с нарушением условий хранения. Покупка такого молока может навредить здоровью и безопасности потребителя.

Кислотность молока – физико-химический показатель молока, характеристика активности ионов водорода. Кислотность молока

характеризуется тремя физико-химическими показателями: общая (титруемая) кислотность, активная кислотность, буферные свойства [6].

Общая (титруемая) кислотность отражает концентрацию составных частей молока, имеющих кислотный характер. Единицы измерения титруемой кислотности – градусы Тернера (°Т). Кислотность свежесвыдоенного молока находится в диапазоне (16–18) °Т. Основными компонентами молока, обуславливающими титруемую кислотность, являются кислые фосфорно-кислые соли кальция, натрия, калия, лимоннокислые соли, углекислота, белки. На долю участия белков в создании титруемой кислотности молока приходится (3–4) °Т. При хранении молока титруемая кислотность увеличивается за счет образования молочной кислоты из лактозы.

Активная кислотность определяется концентрацией водородных ионов. Для свежего молока рН находится в диапазоне (6,4—6,7), т. е. молоко имеет слабокислую реакцию. От значения рН зависит коллоидное состояние белков молока, рост полезной и вредной микрофлоры, термоустойчивость молока, активность ферментов.

Буферные свойства молока — способность сохранять активную кислотность (рН), несмотря на повышение титруемой кислотности. Обусловлены наличием белков, гидрофосфатов, цитратов и диоксида углерода.

Традиционно кислотность молока определяется в лабораторных условиях титриметрическими методами или же с использованием иономера [7, 8]. В стандарте ГОСТ Р 54669 описываются следующие титриметрические методы определения кислотности: потенциометрический и индикаторный.

Метод потенциометрического титрования – потенциометрический метод, основанный на определении точки эквивалентности по результатам потенциометрических методов. Метод основан на нейтрализации кислот, содержащихся в анализируемом продукте, раствором гидроксида натрия до заранее заданного значения рН и индикации точки эквивалентности при

помощи потенциметрического анализатора с пересчетом на градусы Тернера. Электроды потенциметрического анализатора погружают в стакан со смесью молока и дистиллированной воды. Содержимое стакана, постоянно перемешивая, титруют раствором гидроокиси натрия до точки эквивалентности. После этого измеряют объем раствора гидроокиси натрия, израсходованный на титрование смеси.

Индикаторный метод – метод титрования, основанный на определении точки эквивалентности в присутствии индикатора. Метод основан на нейтрализации свободных кислот, кислых солей и свободных кислотных групп, содержащихся в продукте, раствором гидроокиси натрия в присутствии индикатора фенолфталеина. В колбу отмеряют дистиллированную воду и молоко, добавляют три капли раствора фенолфталеина. Смесь тщательно перемешивают и титруют раствором гидроокиси натрия до появления слабо-розовой окраски раствора молока, соответствующего контрольному эталону окраски (раствор, состоящий из молока, дистиллированной воды и раствора сернокислого кобальта в соответствующих пропорциях), не исчезающей в течение 1 минуты.

Кислотность анализируемого продукта, в градусах Тернера, вычисляют умножением объема, в сантиметрах кубических, раствора гидроокиси натрия, пошедшего на нейтрализацию определенного объема продукта, на 10 – коэффициент для питьевого молока [7].

В стандарте ГОСТ 32892 описан потенциметрический метод измерения активной кислотности (рН) молока. Диапазон измерений активной кислотности - от 3 до 8 ед. рН [8].

Потенциметрический метод основан на измерении разности потенциалов между двумя электродами (измерительным и электродом сравнения), погруженными в анализируемую пробу. В качестве средства измерений используются анализаторы потенциметрические по ГОСТ 19881, типа I, с пределами допускаемого значения основной абсолютной погрешности преобразователя не более  $\pm 0,02$  ед. рН.

Перед проверкой и градуировкой прибора электродную пару и комбинированный рН-электрод тщательно промывают дистиллированной водой. Комбинированный рН-электрод, хранящийся в колпачке с гелем-электролитом, вначале промывают дистиллированной водой, затем слабым мыльным раствором температурой от 30 °С до 40 °С и снова дистиллированной водой. Остатки воды с электродов удаляют фильтровальной бумагой. Затем производится градуировка прибора по буферным растворам - рабочим эталонам 3-го разряда с номинальными значениями 4,00 и 6,87 ед. рН при температуре 20 °С. В стеклянный стакан вместимостью 50 см<sup>3</sup> наливают (40±5) см<sup>3</sup> буферного раствора температурой 20 °С, после чего погружают в него электродную пару или комбинированный рН-электрод, которые не должны касаться стенок и дна стакана. Измерения в буферных растворах повторяют три раза, каждый раз вынимая электроды из буферного раствора и вновь погружая их в буферный раствор при измерении. Если хотя бы для одного из буферных растворов отклонение среднего значения результата измерения от номинального значения рН будет превышать ± 0,03 ед. рН, то прибор настраивают согласно инструкции.

Проверку правильности градуировки прибора по рабочим эталонам рН следует выполнять ежедневно перед началом работы и в процессе работы через каждые 10-12 измерений.

После этого приступают к измерению кислотности молока. В стакан вместимостью 50 см<sup>3</sup> помещают (40±5) см<sup>3</sup> пробы молока или жидкого продукта температурой (20±2) °С и погружают в него электродную пару. После установления показаний прибора их фиксируют. По окончании измерения электродную пару извлекают из продукта, промывают дистиллированной водой температурой от 30 °С до 40 °С и удаляют с нее остатки воды фильтровальной бумагой.

### 1.3 Новейшие разработки в области контроля качества молока

В настоящее время проводятся исследования, направленные на разработку новых методов определения свежести молока. Одним из таких является использование ИК-Фурье (FT-NIR) спектроскопии [9]. С помощью оптоволоконного зонда, погружаемого в молоко, фиксировался спектр пропускания в диапазоне от 833 до 2500 нм. Полученные спектральные данные сравнивались с такими параметрами качества молока, как значение рН, кислотности и содержание лактозы, измеренные традиционными способами. Таким образом, были разработаны модели, отражающие зависимость спектра поглощения молока от параметров его свежести.

Существенным недостатком данного метода является обязательное наличие лабораторных условий и специального оборудования – оптоволоконного зонда, спектрометра – для осуществления контроля качества молока. Таким образом, данный метод не может использоваться рядовым потребителем.

Некоторые исследователи используют в своих работах связь свежести молока и количества бактерий в нем [10, 11]. При этом используется кислотно-основный индикатор метиленовый синий. В процессе порчи молока, увеличивается метаболическая активность бактерий, содержащихся в нем. Метиленовый синий при этом изменяет свою окраску: его цвет синий в присутствии кислорода, а при увеличении содержания углекислого газа, выделяемого бактериями, становится бесцветным.

Авторами [10] предложен способ усовершенствования данного метода: использование амперометрического сенсора. Сенсор фиксирует изменение силы тока в цепи, вследствие метаболической активности бактерий. Этот метод показал большую эффективность по сравнению с использованием метиленового синего, так как, в отличие от последнего, не требовал постоянного наблюдения и регулярного отбора проб.

В [11] необходимость отбора проб решили следующим образом: иммобилизация метиленового синего в модифицированные полипропиленовые пленки. Индикатор в пленке ведет себя аналогично индикатору в растворе – теряет окраску при увеличении метаболической активности бактерий. Отмечается стабильность фиксации индикатора в пленке, а также возможность применения данного метода в разработке умных упаковок молока.

Другой визуальный метод, позволяющий наглядно определить свежесть молока, рассмотрен в [12]. Авторами предлагается осуществлять оценку свежести молока по изменению цвета датчика на основе наночастиц серебра, модифицированных цистеином. Здесь в роли индикатора, сообщающего потребителю информацию о свежести молока, выступают наночастицы серебра. Цистеин позволяет наночастицам связываться с молочной кислотой. Таким образом, происходит скопление наночастиц, приводящее к видимому изменению цвета. С увеличением содержания молочной кислоты происходило увеличение скопления наночастиц, что, в свою очередь, приводило к отчетливо наблюдаемому изменению окраски раствора. Цвет наночастиц в присутствии молочной кислоты желтый, затем он становится оранжевым, красным и, наконец, фиолетовым. В образцах молока цвет менялся от желтого через оранжевый и красный к серо-синему.

Среди достоинств данного метода можно отметить достаточно высокую стабильность, низкую токсичность и хорошую биосовместимость наночастиц серебра. Метод быстрый и недорогой, однако его основной недостаток – для проведения контроля необходим образец молока, т.е. потребитель может пользоваться таким методом только после покупки продукции, но не для выбора предпочтительного товара в магазине.

Также визуальной оценка свежести молока осуществляется по изменению цвета растительного индикатора кислотности антоцианина [13, 14]. В [13] в качестве индикатора использовался антоцианин, полученный из капусты краснокочанной. Антоцианин был иммобилизован в пленки на

основе хитозана и поливинилового спирта (с добавлением лимонена). В [14] индикатор – это антоцианин, полученный из ямса, клубневой культуры, похожей на картофель. Индикатор был иммобилизован в пленки на основе картофельного крахмала и поливинилового спирта (с добавлением лимонена).

Основным достоинством [13, 14] можно назвать полную безвредность для потребителя и отсутствие влияния на продукцию, при этом недостатком является недостаточно контрастный переход цвета, из-за чего точно определить свежесть не всегда представляется возможным. Также весомый недостаток – это нестабильность индикатора и его окраски (индикатор вымывается из пленок).

В таблице 1.1 представлены сводные данные по ряду современных исследований в области определения качества пастеризованного молока.

Таблица 1.1 – Сводные данные по ряду современных исследований в области оценки качества молока

Измеряемый параметр	Суть предлагаемого метода	Аналитический сигнал	Способ детектирования	№ источн.
Кислотность, рН и содержание лактозы	ИК-Фурье (FT-NIR) спектроскопия, проводимая с использованием оптоволоконного зонда	Изменение среднего значения спектра	Инструментально	9
Количество бактерий	Изменение окраски метиленового синего, изменение силы тока в цепи регистрируемое амперометрическим сенсором	Изменение цвета, изменение значения силы тока	Инструментально	10
Количество бактерий	Изменение окраски метиленового синего, иммобилизованного в полипропиленовую пленку	Изменение цвета	Инструментально	11
Содержание молочной кислоты	Датчик на основе наночастиц серебра, модифицированных цистеином	Изменение цвета	Визуально	12

Кислотность	Изменение окраски антоцианина	Изменение цвета	Визуально	13, 14
-------------	-------------------------------	-----------------	-----------	--------

Здесь измеряемый параметр – это некий параметр молока, зависящий от степени его свежести.

Таким образом, условно предлагаемые методы оценки качества пастеризованного молока можно разделить на две группы – с инструментальным способом детектирования (то есть для оценки свежести необходимо специальное оборудование и/или наличие лабораторных условий) и с визуальным способом детектирования.

В разрабатываемом в данной работе методе применяется визуальный способ детектирования, который более предпочтителен, поскольку предполагает оценку свежести молока, не требующую ни специальной квалификации оператора, ни наличия каких-либо лабораторных условий, реагентов или оборудования. Потребитель, пользуясь информацией предоставляемой умной упаковкой, еще в магазине может сделать выбор в пользу наиболее свежего молока, а также контролировать его качества в дальнейшем при хранении в холодильнике.

Такие недостатки методов с визуальным способом детектирования, как недостаточная контрастность перехода цвета и нестабильность окраски индикатора устраняются в настоящей работе путем иммобилизации индикаторов на полиметакрилатной матрице.

## 1.4 Процесс скисания молока

Молоко – питательная многокомпонентная жидкость, вырабатываемая молочными железами самок млекопитающих. В его состав входят:

- макроэлементы (кальций, магний, фтор, натрий, фосфор, хлор, сера и др.);
- микроэлементы (железо, медь, цинк, йод, фтор, кремний, хром и др.);
- жиры;
- белки (альбумин, глобулин);
- витамины (А, D, Е, К, В);
- ферменты (лактоза);
- бактерии.

Как отмечено выше, молоко содержит в себе различные виды бактерий. Молочнокислые бактерии – группа микроаэрофильных грамположительных микроорганизмов, сбраживающих углеводы с образованием молочной кислоты как одного из основных продуктов. Традиционно к молочнокислым бактериям относят неподвижных, неспорообразующих кокковидных или палочковидных представителей отряда *Lactobacillales* (например, *Lactococcus lactis* или *Lactobacillus acidophilus*) [15].

Молочнокислые бактерии в молоке расщепляют лактозу (молочный сахар) на глюкозу и галактозу, а затем окисляют их до молочной кислоты, получая при этом энергию (некоторые виды используют только глюкозу, а галактозу выделяют обратно). Под действием кислот, вырабатываемых молочнокислыми бактериями, структура казеина – сложного белка в составе молока – нарушается и происходит сворачивание (денатурация) белка. В результате молоко разделяется на сыворотку и густую массу.

На скорость скисания влияет ряд факторов. Во-первых, температура хранения молока. Чем выше температура, тем быстрее происходит процесс скисания молока. Во-вторых, чистота посуды, в которой происходит

хранение молока. Вода, жир, пыль и другие загрязнения на поверхности посуды значительно ускоряют процесс скисания молока. В-третьих, влияют специфические бактерии (искусственные вещества, которые добавляют в молоко при изготовлении кисломолочных продуктов). К ним относятся: кефирный гриб (добавляется для получения кефира), молочные дрожжи (производство йогуртов), пропионовокислые бактерии (творог), молочнокислые палочки (ряженка) [16].

## **2 Экспериментальная часть**

### **2.1 Полиметакрилатная матрица**

В данной работе для иммобилизации реагентов без потери их способности вступать в аналитическую (фотометрическую) реакцию с определяемым веществом используются полиметакрилатные матрицы (ПММ). Реакции сопровождаются изменением светопоглощения с сохранением прозрачности носителя.

ПММ в виде прозрачной пластины толщиной  $(0,60 \pm 0,04)$  мм получается радикальной блочной полимеризацией по методике [17]. Из исходной пластины вырезаются пластины размером  $6,0 \times 8,0$  мм массой около 0,05 г, которые в дальнейшем и используются для иммобилизации реагентов.

Оптические свойства полиметакрилата хорошо сочетаются с его технологичными свойствами, что способствует получению оптически прозрачных тонких пластин с высоким пропусканием. Прозрачность и отсутствие собственной окраски носителя реагентов облегчает визуальную и инструментальную оценку изменения окраски матрицы после ее контакта с анализируемым элементом.

### **2.2 Реактивы и оборудование**

#### **2.2.1 Спектрофотометр Shimadzu UV-1800**

Для анализа оптической плотности ПММ, спектры поглощения в видимой области регистрировали на спектрофотометре Shimadzu – UV 1800 (рисунок 2.1). Данный спектрофотометр характеризуется высокой точностью производимых измерений, отличными оптическими характеристиками, надежностью в использовании, простотой в ознакомлении и дальнейшей работе с прибором, современным дизайном.



Рисунок 2.1 – Внешний вид спектрофотометра Shimadzu UV-1800

Метрологические характеристики спектрофотометра Shimadzu – UV 1800 показаны в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Метрологические характеристики спектрофотометра Shimadzu – UV 1800

Характеристика	Значение
Спектральный диапазон волн	(190–1100) нм
Ширина спектральной щели	1 нм
Пределы допускаемых значений абсолютной погрешности шкалы длин волн	$\pm 0,1$ нм
Фотометрический диапазон	от минус 4,0 до 4,0 Abs (единиц оптической плотности)
Фотометрическая точность	$\pm 0,002$ Abs (при 0,5 Abs); $\pm 0,004$ Abs (при 1,0 Abs); $\pm 0,006$ Abs (при 2,0 Abs).

Результаты анализа отображаются на жидкокристаллическом экране. Данные можно передавать на персональный компьютер (ПК) с помощью интерфейса USB. Кроме того, с помощью программного обеспечения UVProbe, установленного на ПК, можно все управление спектрофотометра Shimadzu – UV 1800 вести непосредственно через компьютер.

Спектрофотометр Shimadzu UV-1800 согласно встроенным программам, способен работать в нескольких режимах: фотометрический, спектральный, кинетический, количественный.

### 2.2.2 Иономер лабораторный И-160

Иономер лабораторный И-160 (рисунок 2.2) предназначен для измерения активности одновалентных и двухвалентных анионов и катионов (рХ), в том числе ионов водорода (рН).

В основу работы лабораторного иономера И-160 положен потенциометрический метод измерений рН растворов.

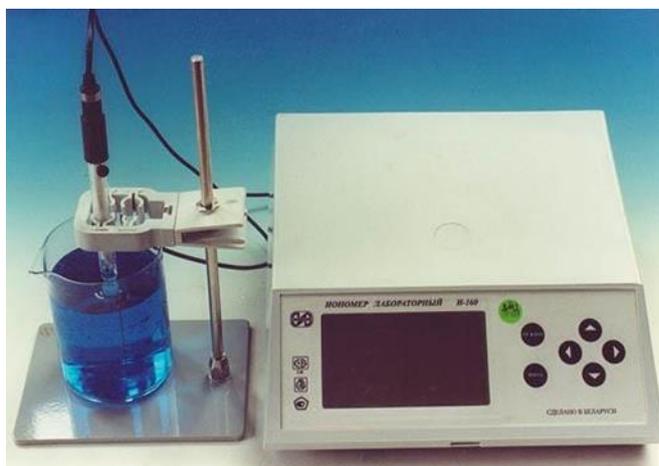


Рисунок 2.2 – Внешний вид иономера лабораторного И-160

Метрологические характеристики иономера лабораторного И-160 представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Метрологические характеристики иономера лабораторного И-160

Характеристика	Значение
Диапазон измеряемых значений показателя активности ионов (рХ, рН)	от минус 20 до 20
Пределы допускаемых значений основной абсолютной погрешности измерения	$\pm 0,02$
Цена единицы младшего разряда	0,001

Прибор изготавливают в следующем исполнении: микропроцессорный прибор с возможностью передачи данных на персональный компьютер по стандартному цифровому интерфейсу RS-232.

### 2.2.3 Спектрофотометр AvaSpec-2048

Спектрофотометр AvaSpec-2048 (рисунок 2.3) – высокочувствительный оптоволоконный спектрофотометр, который рекомендуется использовать для аналитических исследований с высокой фотометрической чувствительностью в спектральном диапазоне от 200 до 1100 нм и оптическим разрешением от 0,04 нм.

Спектрофотометр AvaSpec-2048 сконструирован с использованием модульного принципа, что обеспечивает гибкость и масштабируемость спектрофотометрической системы и позволяет использовать спектрофотометр для построения разнообразных измерительных систем в комплексе с различными источниками света, волоконно-оптическими принадлежностями и датчиками Avantes.



Рисунок 2.3 – Схема подключения спектрофотометра AvaSpec-2048 для снятия спектральных характеристик

Спектрофотометр AvaSpec-2048 может также использоваться как фотоколориметр, радиометр, нефелометр, спектрофлуориметр и люминометр благодаря возможности изменений конфигурации спектрометрической системы.

#### **2.2.4 Оборудование, необходимое для приготовления растворов**

Для приготовления растворов, необходимых для иммобилизации реагентов в ПММ, понадобились:

- лабораторные электронные весы ВСЛ с пределом взвешивания 200 г и классом точности по ГОСТ Р 53228;
- посуда лабораторная мерная стеклянная по ГОСТ 1770;
- посуда лабораторная мерная пластиковая по ГОСТ 25336;
- дозаторы медицинские лабораторные с диапазоном дозирования (20-200) мм<sup>3</sup> и (100-1000) мм<sup>3</sup> по ГОСТ 28311.

### **2.2.5 Исходные вещества и реагенты**

В качестве индикатора свежести молока в данной работе выбран 2,6-дихлорфенолиндофенол (ДХФ). Раствор ДХФ был приготовлен растворением точной навески 0,025 г индикатора в дистиллированной воде объемом 50 мл.

В работе использовались стандартные растворы: 0,1 М NaOH, 0,1 М HCl, приготовленные по ГОСТ 25794.1.

### **2.3 Изменение кислотно-основных свойств молока в течение хранения**

Для определения зависимости кислотности молока от времени хранения, проводился эксперимент на пастеризованном питьевом молоке, жирностью 3,2 %, произведенное ООО «Деревенское молочко». Было проведено три параллельных эксперимента, для каждого из которых в колбу было помещено 25 мл молока. В течение трех дней хранения молока при комнатной температуре ( $22 \pm 2$ ) °C с помощью иономера лабораторного И-160 фиксировались изменения значения pH молока.

### **2.4 Иммобилизация индикатора в матрицу**

Имобилизация ДХФ в полиметакрилатную матрицу проведена сорбцией из водного раствора в статическом режиме. Для этого полиметакрилатная матрица помещалась в раствор реагента и перемешивалась в течение 60 с, при этом матрица окрашивалась в синий цвет, соответствующий окисленной ионной форме реагента.

## **2.5 Влияние кислотности раствора на иммобилизованный реагент**

Для определения влияния кислотности раствора на цвет индикатора, иммобилизованного в полиметакрилатную матрицу, были приготовлены растворы с различным значением рН от 3,0 до 7,3, что соответствует диапазону значений рН свежего и испорченного молока. ПММ с иммобилизованным ДХФ, с близкими значениями начальной оптической плотности, отличающимися не более, чем на 5 % от среднего, помещались в растворы с разным значением рН и перемешивались на вибросмесителе до достижения кислотно-основного равновесия. После этого, матрицы высушивались между листами фильтровальной бумаги и регистрировались их спектры поглощения на спектрофотометре Shimadzu – UV 1800. Значение равновесного рН определяли с помощью иономера И-160.

Эксперимент был проведен в условиях повторяемости при  $n = 3$ .

## **2.6 Влияние кислотности молока на иммобилизованный реагент**

Для определения зависимости характеристик молока и ПММ от срока хранения молока, проводился эксперимент на пастеризованном питьевом молоке, жирностью 3,2 %, произведенное ООО «Деревенское молочко». Дата проведения эксперимента – 25.04.18, дата изготовления молока – 25.04.18, т.е. на момент начала эксперимента молоко является свежим.

Было проведено три параллельных эксперимента, для каждого из которых в колбу было помещено 25 мл молока и матрица с иммобилизованным ДХФ. В течение трех дней хранения молока при комнатной температуре ( $22 \pm 2$ ) °С с помощью иономера И-160 фиксировались изменения значения рН молока, а с помощью спектрофотометра Shimadzu – UV 1800 – спектры поглощения матриц. Оптические характеристики ПММ с иммобилизованным реагентом после

контакта с молоком измерялись относительно немодифицированной полиметакрилатной матрицы. Также фиксировались изменения окраски матриц в цветовой модели RGB с помощью свободного программного обеспечения.

### 3 Обработка и обсуждение результатов

#### 3.1 Выбор индикатора, иммобилизованного в матрицу

В настоящее время широко используются кислотно-основные индикаторы, разбавленные растворы которых обладают способностью заметно изменять цвет, в зависимости от кислотности раствора. Причина изменения цвета — изменения в строении молекул индикатора в кислой и щелочной среде, что приводит к изменению спектра поглощения раствора. Из-за эффективности и простоты, индикаторы pH могут быть использованы для контроля и указания свежести продуктов питания, находящихся на хранении, поскольку процесс порчи обычно сопровождается изменением pH. Например, изменение pH пищевых продуктов может контролироваться визуальными колориметрическими изменениями встроенного в упаковку колориметрического сенсора [18].

Окраска индикатора при заданном значении pH определяется отношением концентраций кислотной формы (Hind) и основной (Ind-) форм. Равновесие индикаторной системы смещается при уменьшении pH в сторону большего образования Hind-формы, а увеличение pH способствует образованию анионов индикаторов Ind-. Следовательно, окраска индикатора зависит от значения pH. Если индикатор диссоциирован примерно на 50 %, т.е. [HInd]≈[Ind-], окраска будет переходной. Соответствующее значение pH при 50 % ионизации называется «точкой перехода» и обозначается  $pK_{ind}$ .

В точке перехода не происходит резкого изменения окраски индикатора, а изменение идет постепенно в некоторой области значений pH. Окраска зависит от соотношения концентраций кислотной и основной форм, что определяется концентрацией водородных ионов в растворе. Интервал перехода кислотно-основных индикаторов (формула 3.1):

$$pH = pK_{ind} \pm 1. \quad (3.1)$$

Таким образом, фактически, интервал перехода индикаторов соответствует двум единицам значений pH [18].

Для ДХФ, иммобилизованного в ПММ,  $pK_{ind} = 6,0$  соответственно, интервал перехода окраски составляет примерно от 5,0 до 7,0.

Зависимость рН пастеризованного молока от срока его хранения при комнатной температуре представлена на рисунке 3.1.

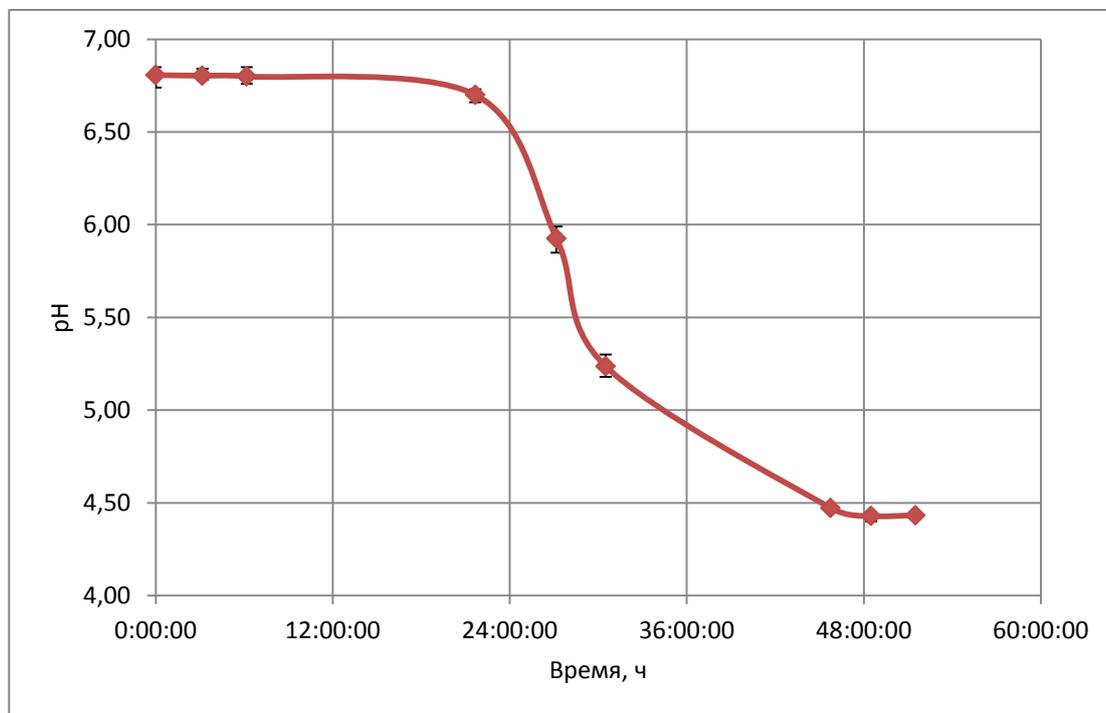


Рисунок 3.1 – Зависимость рН молока от срока хранения при комнатной температуре

Из экспериментальных данных можно констатировать, что рН свежего молока находится в диапазоне (6,7 – 6,9), что свидетельствует о слабокислой реакции молока. Молоко оставалось свежим, как по значению рН, так и по органолептическим показателям, в течение почти суток после начала эксперимента. По истечении суток, значение рН стало стремительно уменьшаться, что говорит о скисании молока, пока не достигло значения в среднем 4,4 – полностью испорченное, не пригодное к употреблению молоко. Согласно литературным данным, молоко является скисшим при значении  $pH = 6,3$ , что обуславливает выбор данного индикатора в качестве индикатора свежести молока в данной работе [10].

ДХФ – хорошо изученный аналитический реагент для титриметрического и спектрофотометрического определения

восстановителей. Перспективность использования ДХФ для разработки визуального тест-метода оценки свежести молока основана на высокой контрастности изменения окраски при его восстановлении [19].

ДХФ – окислительно-восстановительный индикатор. Восстановленная форма бесцветна, а окисленная форма, в отсутствие восстановителей, действует как кислотно-основной индикатор, окрашенный в красно-розовый цвет в кислом растворе и в синий – в нейтральном и щелочном растворах. Реакция окисления-восстановления ДХФ представлена на рисунке 3.2.

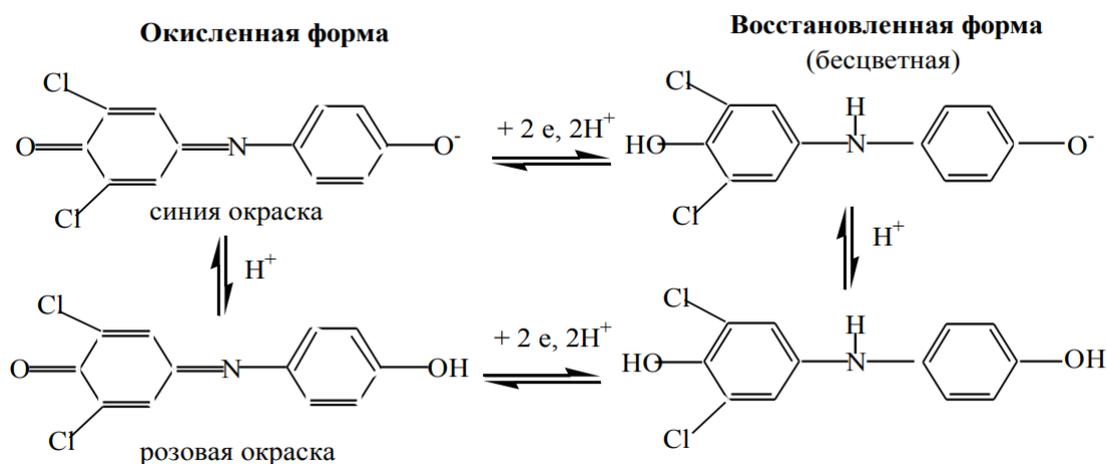


Рисунок 3.2 – Реакция окисления-восстановления ДХФ

### 3.2 Влияние кислотности раствора на иммобилизованный реагент

На рисунке 3.3 представлены спектры поглощения ДХФ, иммобилизованного в ПММ, в средах с различным значением pH, в диапазоне от 3,0 до 7,1.

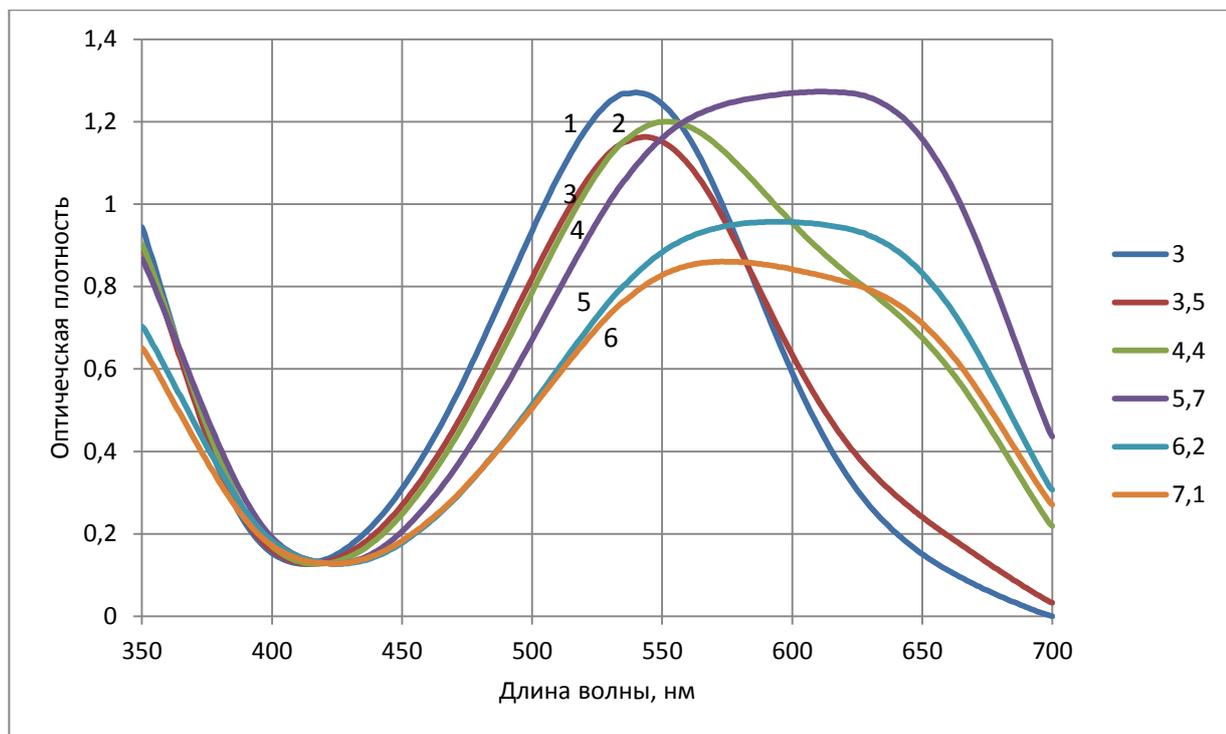


Рисунок 3.3 – Спектры поглощения ДХФ иммобилизованного в ПММ, после контакта с растворами с разным значением рН:

- 1) рН = 3,0; 2) рН = 3,5; 3) рН = 4,4;  
 4) рН = 5,7; 5) рН = 6,2; 6) рН = 7,1.

ДХФ проявляет себя как кислотно-основный индикатор и изменяет окраску в зависимости от рН раствора, что и отражается на его спектрах поглощения.

На рисунке 3.4 представлен график зависимости оптической плотности ПММ на длине волны 540 нм от рН модельных растворов. Выбор длины волны поглощения обусловлен наибольшим различием между спектрами поглощения при различных рН.

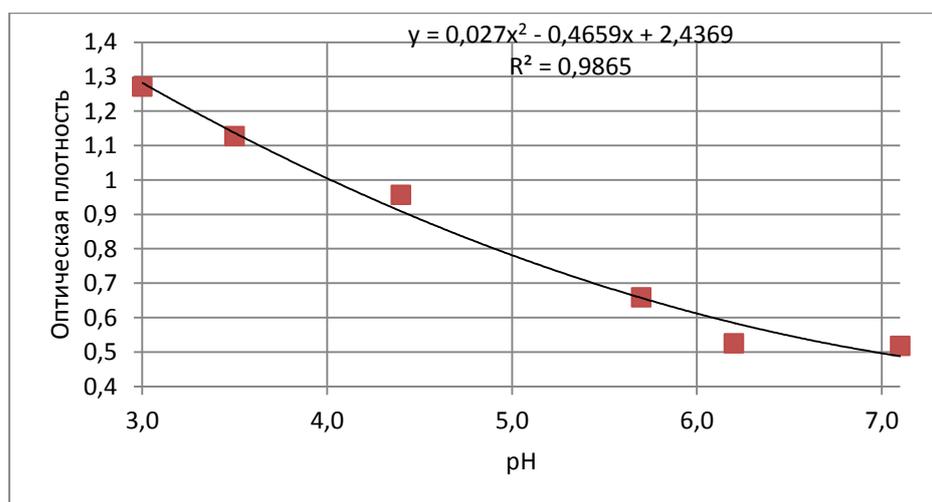


Рисунок 3.4 – Зависимость оптической плотности ПММ на 540 нм от pH модельных растворов

Данная зависимость выражается формулой 3.2:

$$A = -0,027 \cdot pH^2 - 0,5 \cdot pH + 2,4, \quad (3.2)$$

где  $A$  – оптическая плотность матрицы;

$pH$  – значение pH раствора.

Откликом (аналитическим сигналом) КС является изменение цвета. Численно изменение цвета матриц можно выразить с помощью цветовых координат RGB, а также цветовой разницы  $\Delta E$ . Цветовая разница, или цветовое расстояние (расстояние между цветами) – математическое представление, позволяющее численно выразить различие между двумя цветами в колориметрии. Цветовая разница вычисляется по формуле 3.3:

$$\Delta E = \sqrt{(R_2 - R_1)^2 + (G_2 - G_1)^2 + (B_2 - B_1)^2}, \quad (3.3)$$

где  $(R_1; G_1; B_1)$  – начальные координаты в цветовой модели RGB;

$(R_2; G_2; B_2)$  – конечные координаты в цветовой модели RGB.

Графически цветовая разница матриц после контакта с модельными растворами представлена на рисунке 3.5:

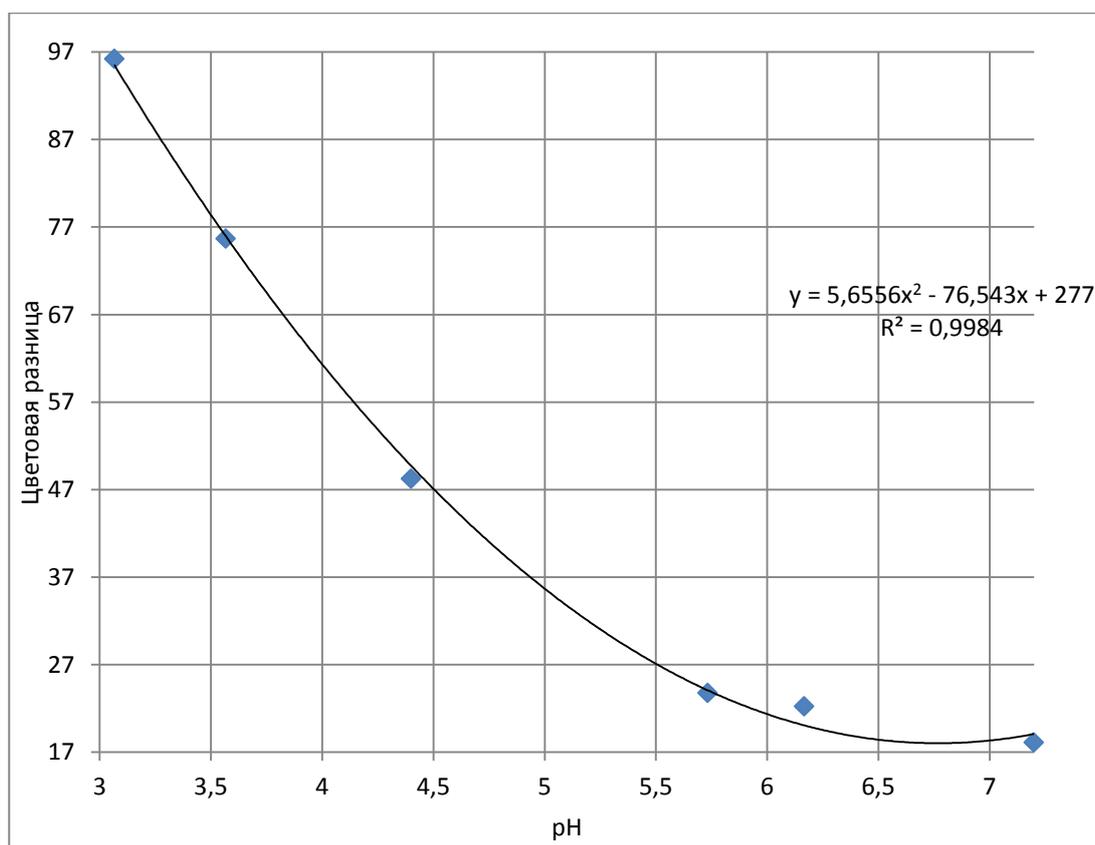


Рисунок 3.5 – Зависимость цветовой разницы ПММ от pH модельных растворов

Уравнение, описывающее данную зависимость (формула 3.4):

$$\Delta E = 5,7 \cdot pH^2 - 77 \cdot pH + 280. \quad (3.4)$$

### 3.3 Оценка свежести молока с помощью полиметакрилатной матрицы при комнатной температуре

Результаты измерений значений pH молока в зависимости от срока хранения представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Измеренные значения рН молока

№ измерения	Время, прошедшее от начала эксперимента, ч	Измеренное значение рН			Среднее значение рН
		1 параллель	2 параллель	3 параллель	
1	0	6,85	6,83	6,74	6,81
2	3,0	6,84	6,79	6,78	6,80
3	6,0	6,85	6,76	6,79	6,80
4	21,5	6,71	6,73	6,66	6,70
5	27,0	5,85	5,99	5,94	5,93
6	30,5	5,23	5,3	5,18	5,24
7	46,0	4,46	4,49	4,47	4,47
8	48,5	4,4	4,45	4,44	4,43
9	51,5	4,44	4,42	4,44	4,43

На рисунке 3.6 представлены матрицы с иммобилизованным реагентом в течение срока хранения молока. Матрицы с 1 по 3 соответствуют свежему молоку, на 4 молоко все еще неиспорченное и допускается к употреблению, начиная с 5 молоко испорчено.

В процессе скисания молока матрицы обесцвечиваются, что позволяет визуально определить свежесть молока. Данный процесс обусловлен наличием восстановителей в молоке. Для протекания реакции восстановления необходимо наличие протонов ( $H^+$ ), количество которых возрастает в кислой среде, соответственно реакция восстановления ДХФ и обесцвечивание КС происходит в кислой среде – т.е., когда молоко испорчено.

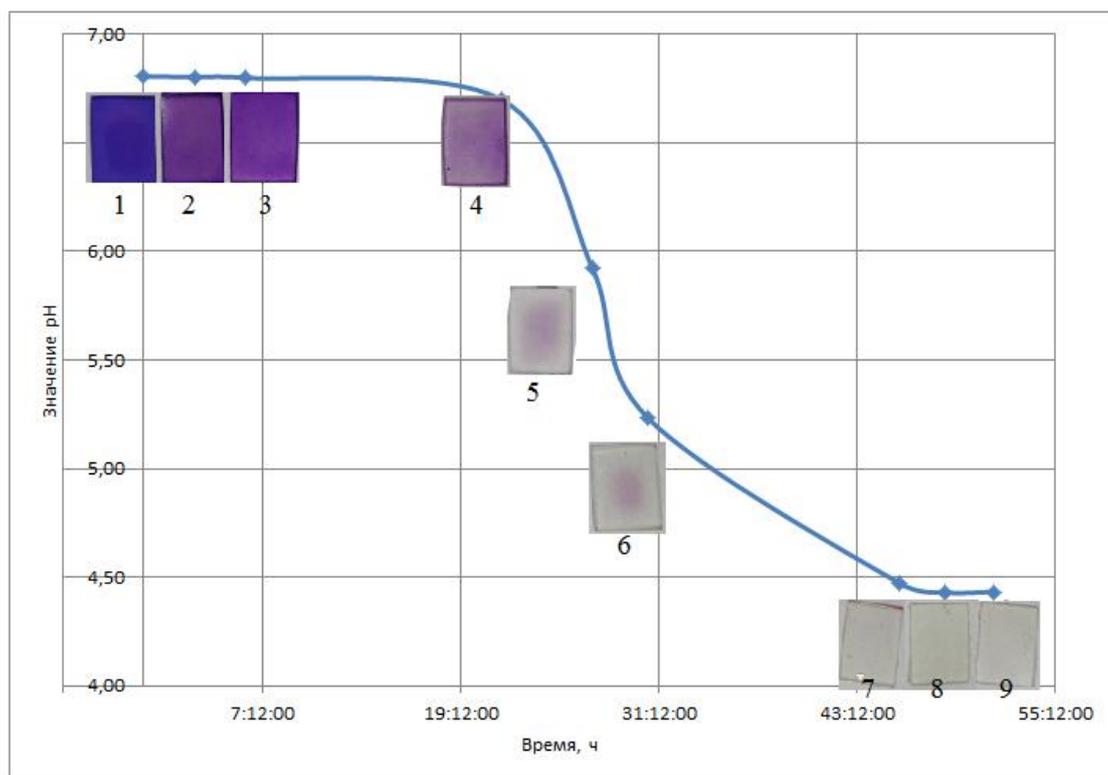


Рисунок 3.6 – ПММ в течение срока хранения молока

Координаты цветов матриц в цветовой модели RGB, полученные с помощью свободного программного обеспечения, а также цветовая разница  $\Delta E$  относительно начального цвета матрицы, представлены в таблице 3.

Таблица 3.2 – Координаты цветов матриц в цветовой модели RGB

№ измерения	R	G	B	$\Delta E$
1	11	0	142	0
2	71	21	132	64,3506
3	75	23	148	68,27152
4	117	68	135	126,1309
5	170	136	162	210,1833
6	186	150	176	232,9828
7	211	211	195	295,5165
8	216	218	204	305,6027
9	220	222	208	311,9631

Графически зависимость цветовой разницы матриц от времени представлена на рисунке 3.7:

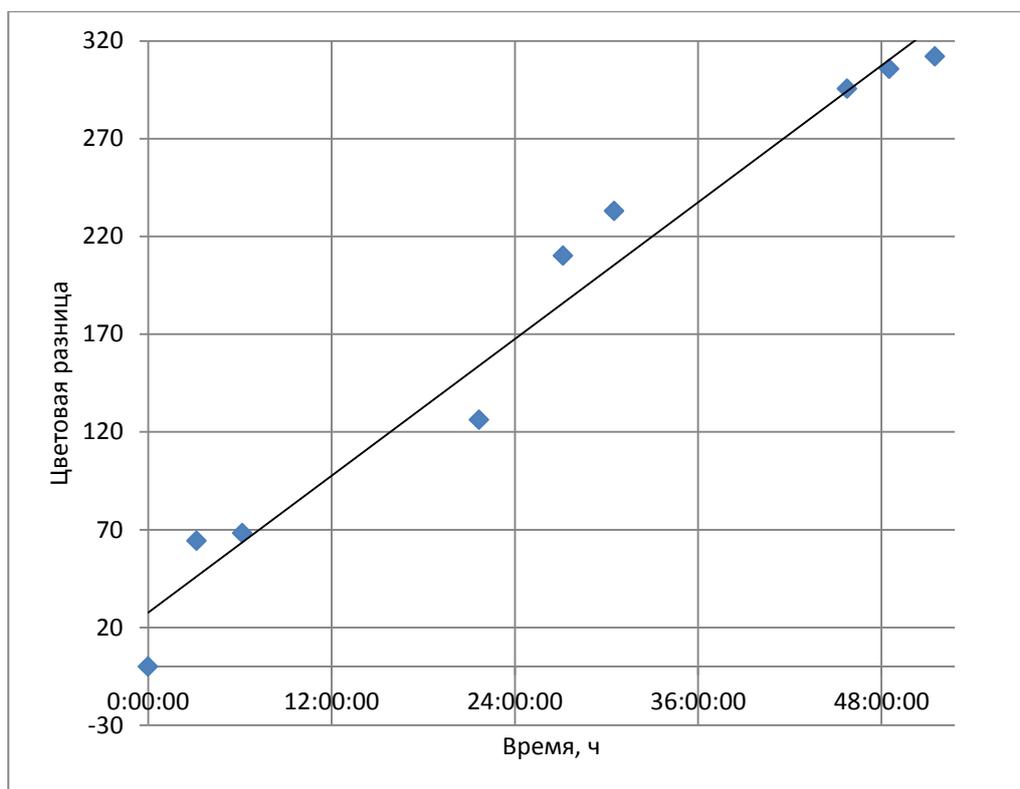


Рисунок 3.7 – Цветовая разница ПММ

Из рисунка 3.7 следует, что цветовая разница увеличивается с течением времени. Это происходит из-за изменения цвета КС в процессе хранения молока.

На рисунке 3.8 показана зависимость цветовой разницы ПММ от pH молока. При наименьшем pH цветовая разница наибольшая, поскольку обесцвеченная матрица в скисшем молоке сильнее всего отличается от синей матрицы в свежем молоке.

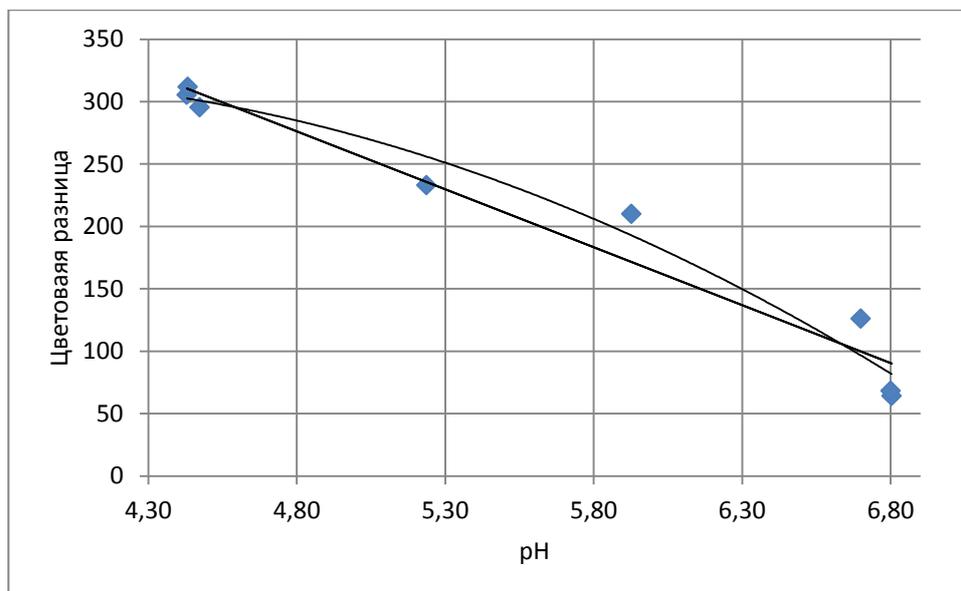


Рисунок 3.8 – Зависимость цветовой разницы ПММ от pH молока.

Данная зависимость может быть описана как линейной (формула 3.5), так и полиномиальной функцией (формула 3.6).

$$\Delta E = -92,7 \cdot pH + 721,2; \quad (3.6)$$

$$\Delta E = -22,6 \cdot pH^2 + 160,5 \cdot pH + 34,4. \quad (3.4)$$

Коэффициент детерминации в первом случае равен 0,95, во втором – 0,97, что говорит о том, что обе функции описывают имеющуюся зависимость с достаточной точностью, и для упрощения дальнейших расчетов можно пользоваться линейной зависимостью.

Оценка цветовой разницы КС позволяет обрабатывать аналитический сигнал не только визуально, но и инструментально. Это дает возможность автоматизации контроля качества пастеризованного молока в условиях производства, с помощью специального программного обеспечения, RGB-камеры или иных устройств, позволяющих фиксировать координаты в цветовой модели RGB.

На рисунке 3.9 показаны спектры поглощения матриц. Легенда графика показывает срок хранения молока, ч, по истечении которого были получены спектры матриц.

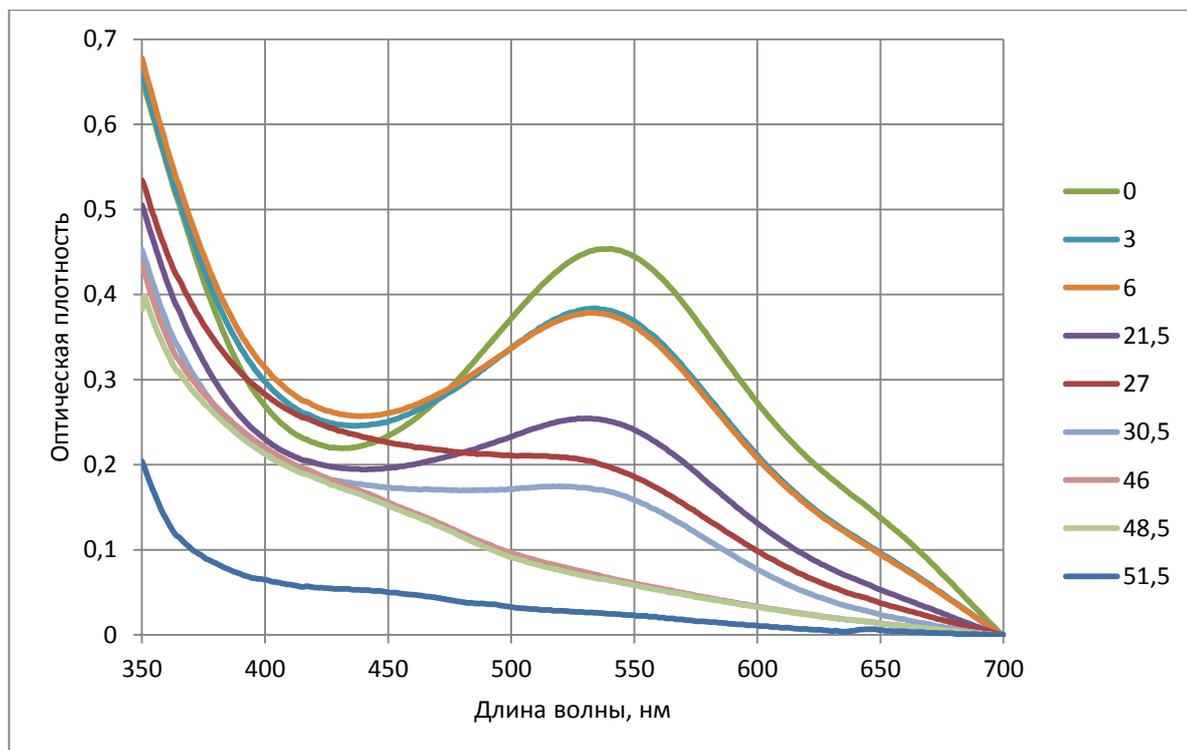


Рисунок 3.9 – Спектры поглощения ПММ

Из рисунка 3.9 следует, что спектр поглощения матрицы в свежем молоке имеет явный пик на длине волны 540 нм. Поскольку цвет матрицы является дополнительным к цвету поглощенного излучения, пик на длине волны 540 нм соответствует сине-фиолетовому цвету матрицы. Затем, по мере обесцвечивания матрицы, пик пропадает.

### 3.4 Оценка показателей точности, правильности, прецизионности

Для подтверждения соответствия методик анализа установленным метрологическим требованиям к измерениям необходимо провести оценку значений показателя точности и проверку их соответствия установленным нормам точности (при наличии последних). Для этого был использован метод оценки показателей качества методики анализа с применением методики с известными (оцененными) значениями показателя точности (методики сравнения) согласно РМГ 61.

В качестве методики сравнения был выбран потенциометрический метод измерения активной кислотности, описанный в стандарте ГОСТ 32892.

Экспериментальные данные, используемые для оценки показателей прецизионности, представлены в таблице 3.3

Таблица 3.3 – Результаты единичного анализа образцов для оценивания (ОО)

Номер ОО	Содержание определяемого компонента в ОО, $C_m$	Погрешность аттестованного значения ОО, $\Delta_{om}$	Номер серии результатов анализа ( $i = 1, \vec{L}$ )	Номер результата единичного анализа, полученного в условиях повторяемости ( $i = 1, \vec{N}$ )		
				1	2	3
1	6,81	0,02	1	7,09	7,1	7,02
			2	6,89	7,05	7,12
2	6,80		1	7,09	6,95	6,80
			2	6,85	7,20	7,10
3	6,80		1	7,04	6,91	6,88
			2	7,15	7,10	6,84
4	6,70		1	6,42	6,48	6,52
			2	6,61	6,59	6,60
5	5,93		1	5,67	5,72	5,68
			2	5,68	5,65	5,63
6	5,24		1	5,27	5,30	5,29
			2	5,25	5,24	5,28
7	4,47		1	4,60	4,59	4,57
			2	4,55	4,57	4,48
8	4,43		1	4,48	4,45	4,46
			2	4,43	4,45	4,48
9	4,43		1	4,41	4,38	4,39
			2	4,38	4,40	4,41

Показатель повторяемости предлагаемого способа  $\sigma_{r, m}$  не превышает 0,16, показатель воспроизводимости  $\sigma_{R, m}$  не превышает 0,13.

Результаты анализа рабочих проб, полученные по исследуемой методике и методике сравнения, для вычисления показателя правильности методики приведены в таблице 4.

Таблица 3.4 - Результаты анализа рабочих проб, полученные по исследуемой методике и методике сравнения

Номер поддиапазона $m$	Номер результата анализа $l$	Результаты анализа по исследуемой методике $x_l$	Результаты анализа по методике сравнения $x_l^c$	$\theta_l$
1	1	6,81	7,07	0,26
	2	6,81	7,02	0,21
2	1	6,80	6,95	0,15
	2	6,81	7,05	0,24
3	1	6,80	6,94	0,14
	2	6,80	7,03	0,23
4	1	6,75	6,47	-0,28
	2	6,65	6,60	-0,05
5	1	5,60	5,69	0,09
	2	5,86	5,65	-0,21
6	1	5,28	5,29	0,01
	2	5,20	5,26	0,06
7	1	4,50	4,59	0,09
	2	4,44	4,53	0,09
8	1	4,45	4,46	0,01
	2	4,42	4,45	0,03
9	1	4,46	4,39	-0,07
	2	4,40	4,40	0,00

Показатель правильности  $\Delta_{c, m} = \pm 0,13$ .

Показатель точности  $\Delta_m = \pm 0,29$ .

Сведения об оценках показателей точности, правильности, прецизионности методики анализа, полученных на основе экспериментальных данных, приведены в приложении Б.

## 4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

### 4.1 Предпроектный анализ

#### 4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Разрабатываемый в данной выпускной квалификационной работе кислотно-основной индикатор, иммобилизованный в полиметакрилатную матрицу, направлен на определение свежести пастеризованного молока. Для того чтобы определить потенциальных потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

Целевой рынок составляют как компании-производители пастеризованного молока, так и рядовые покупатели, желающие определить свежесть продукта в домашних условиях. Карта сегментирования представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1 - Карта сегментирования рынка по проверке свежести пастеризованного молока

Параметр		Приборы для определения кислотности молочной продукции	
		анализаторы кислотности	кислотно-основные индикаторы, иммобилизованные в ПММ
Тип потребителя	Производители		
	Покупатели		
Стоимость	Высокая		
	Средняя		
	Низкая		

Анализируя таблицу, можно сделать вывод, что существующие анализаторы кислотности обычному покупателю недоступны из-за чрезмерно высокой стоимости, а также сложности в эксплуатации. В отличие от этого

оборудования, разрабатываемый датчик может использоваться как на производстве, так и в быту, поскольку не требуют ни специальной квалификации оператора, ни наличия каких-либо лабораторных условий, реагентов или оборудования, а также очень дешевы.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Для оценки сравнительной эффективности проводится анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения. Данный анализ проводится с помощью оценочной карты, представленной в таблице 4.2. В таблице представлены следующие конкурентные товары: индикаторы, иммобилизованные в полиметакрилатную матрицу (Ф), индикаторы, иммобилизованные в золь-гель (К1), индикаторы, иммобилизованные в оптическую пленку (К2). Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 4.2.

Таблица 4.2

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1 Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,20	5	4	5	1	0,8	1
2 Температурная устойчивость	0,10	5	4	3	0,5	0,4	0,3
3 Надежность	0,20	5	4	4	1	0,8	0,8
4 Безопасность	0,40	5	3	4	2	1,2	1,6
5 Простота эксплуатации	0,10	5	4	5	0,5	0,4	0,5
Итого	1	25	19	21	5	3,6	4,2

Критерии для сравнения и оценки ресурсоэффективности и ресурсосбережения подбираются, исходя из выбранных объектов сравнения с

учетом их технических и экономических особенностей разработки, создания и эксплуатации.

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (4.1):

$$K = \sum B_i B_i \quad (4.1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

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

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Исходя из данных таблицы 4.2 можно сделать вывод о том, что разрабатываемый метод оценки свежести молока является вполне конкурентоспособным по сравнению с уже имеющимися на рынке. Разработка более надежна, нежели ее конкуренты, что является очень важным техническим критерием оценки ресурсоэффективности, а также она дешевле. Также конкурентные решения имеют меньшую помехоустойчивость, поэтому имеется потенциальная возможность занять свою нишу и определенную долю рынка.

## **4.2 Инициация проекта**

### **4.2.1 Цели и результат проекта**

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта,

которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта. Данная информация закрепляется в Уставе проекта. Устав проекта документирует бизнес-потребности, текущее понимание потребностей заказчика проекта, а также новый продукт, услугу или результат, который планируется создать.

В разделе «Цели и результат проекта» необходимо привести информацию о заинтересованных сторонах проекта, иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Под заинтересованными сторонами проекта понимаются лица или организации, которые активно участвуют в проекте или интересы которых могут быть затронуты как положительно, так и отрицательно в ходе исполнения или в результате завершения проекта. Это могут быть заказчики, спонсоры, общественность и т.п.

. Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Предприятия-производители пастеризованного молока	Снижение затрат на контроль качества молока
Покупатели	Возможность неразрушающего контроля свежести молока

В таблице 4.4 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 4.4 – Цели и результат проекта

Цели проекта	Разработка способа визуального мониторинга кислотности молока с целью оценки его качества
Ожидаемые результаты проекта	Способ визуального мониторинга кислотности молока с целью оценки его свежести
Критерии приемки результата проекта	1. Изменение индикатора в зависимости от кислотности молока 2. Визуальная индикация испорченного молока

	3. Восстановление кислотно-основных свойств индикатора
Требования к результату проекта	Возможность применения способа в производстве интеллектуальной упаковки для пастеризованного молока

В таблице 4.5 представлена организационная структура проекта.

Таблица 4.5 - Организационная структура проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции
1	Суханов А.В., доцент ОАР, ТПУ	Руководитель проекта	Координирование деятельности исполнителя проекта
2	Зиновьева Е.Ю., студент гр. 8ГМ61, ОАР, ТПУ	Исполнитель проекта	Выполнение экспериментальной части по проекту

### 4.3 Планирование НИР

#### 4.3.1 Планирование этапов и работ по выполнению НИР

Для выполнения научных исследований сформирована рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель и студент.

Порядок составления этапов и работ приведен в таблице 4.6.

Таблица 4.6 - Перечень категорий, 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	Изучение проблемы и подбор литературы	Студент
	3	Изучение литературы и выбор методов решения проблемы	Студент
	4	Календарное планирование работ по теме	Студент

Теоретические и экспериментальные исследования	5	Изучение теоретического материала по выбранному направлению	Студент
	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент
	7	Построение моделей и проведение эксперимента	Научный руководитель, студент
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель, студент

Линейный график выполнения всех работ является удобным инструментом классического метода линейного планирования и управления, использующийся для оптимизации работ.

#### 4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения НИР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости работ  $t_{ожі}$  используется формула (4.2):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (4.2)$$

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

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

стечения обстоятельств), чел.-дн.;

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, по формуле (4.3) 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 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

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

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

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

### 4.3.3 Разработка календарного плана работ

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 формулой (4.4):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.4)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности, предназначен для перевода рабочего времени в календарное.

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле (4.5):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (4.5)$$

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

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

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

$$K = \frac{366}{366 - 116 - 12} \approx 1,5378.$$

Расчетная величина продолжительности работ  $T_k$  округляется до целых чисел. Расчетные данные сводятся в таблице 4.7, на основании которой строится календарный план-график.

Таблица 4.7 - Временные показатели проведения НИР

Этап	Исполнители	$t_{\text{min}}$ , чел-дни	$t_{\text{max}}$ , чел-дни	$t_{\text{ож}}$ , чел-дни	Длительность работ в рабочих днях $T_{\text{pi}}$	Длительность работ в календарных днях $T_{\text{ki}}$
1	руководитель	1	3	1,8	1,8	3
2	студент	6	10	7,6	7,6	11
3	руководитель	2	6	3,6	1,8	3
	студент	5	9	6,6	3,3	5
4	руководитель	3	6	4,2	2,1	3
	студент	5	15	9	4,5	7
5	студент	15	25	19	19	28
6	студент	12	22	16	16	24

7	руководитель	5	7	5,8	2,9	4
	студент	10	19	13,6	6,8	10
8	студент	2	13	6,4	6,4	10
9	руководитель	1	3	1,6	0,8	1
	студент	6	18	10,8	5,4	8
Итого		руководитель		9,4		14
		студент		69		103

На основе таблицы 4.7 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу. Диаграмма Ганта приведена в таблице В.1, Приложение В.

#### **4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)**

##### **4.4.1 Состав затрат, включаемых в себестоимость НТИ**

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- затраты научные и производственные командировки;
- контрагентные расходы.

## 4.4.2 Расчет затрат НТИ

### 4.4.2.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данная статья отражает стоимость всех материалов, используемых при разработке модуля, включая расходы на их приобретение и, при необходимости, доставку. Также учитываются расходы на использование принтера. Транспортные расходы (если таковые имеются) принимаются в пределах 15–25 процентов от стоимости материалов.

Расчет затрат на материалы приведён в таблица 4.8.

Таблица 4.8 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Иономер	шт.	1	19500	19500
Пластины из полиметакрилата		5	800	4000
Итого				23500

Получаем, что на материалы было потрачено около 23500 рублей.

### 4.4.2.2 Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников (вычисляется по формуле (4.6)), непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.6)$$

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

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле (4.7):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

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

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (4.8):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (4.8)$$

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

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года (при отпуске в 48 раб.дней  $M=10,4$  месяца, 6-дневная неделя);

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

Баланс рабочего времени представлен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 - Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней -выходные, праздничные дни	66	66
Потери рабочего времени		
-отпуск	48	–
-невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	299

Месячный должностной оклад работника вычисляется по формуле (4.9):

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (4.9)$$

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

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

$k_{\text{д}}$  – 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  $Z_{тс}$ );

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

Оклады участников исследования берутся на основе отраслевой системы оплаты труда в ТПУ в соответствии с занимаемой должностью.

Оклад руководителя (доцента, кандидата наук) составляет 33664 руб.

Оклад студента (учебно-вспомогательный персонал) – 9489 руб.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.(с учетом РК)	Трудоемкость,	Основная заработная плата, руб.
			раб. дн.	
Руководитель	33664,0	2720,0	9,4	25568,0
Студент	9489,0	643,6	69	44408,4
Итого				69976,4

#### 4.4.2.3 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 формуле (4.10):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} Z_{\text{осн}}, \quad (4.10)$$

где  $Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты ( $k_{\text{доп}}=0,15$ );

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Расчет представлен в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	25568,0	0,15	3835,2
Студент	44408,4		6661,26
Итого			10496,46

#### 4.4.2.4 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 (4.11):

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (4.11)$$

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

На 2018 г в соответствии с Налоговым кодексом Российской Федерации установлен размер страховых взносов равный 30 %.

Выплаты в страховые фонды составят приведены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	25568,0	3835,2
Студент	44408,4	6661,26
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого	24141,86	

#### 4.4.2.5 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (9)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равен 0,16.

$$Z_{\text{накл}} = (23500 + 69976,4 + 10496,46 + 24141,86) \cdot 0,16 = 20498,4 \text{ руб.}$$

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

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – Бюджет затрат научно-исследовательского проекта

Наименование статьи	Сумма, руб.
Материальные затраты	23500
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	69976,4
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	10496,46
Отчисления во внебюджетные фонды	24141,86
Накладные расходы	20498,4
Бюджет затрат НИИ	148613,12

#### 4.5 Определение ресурсоэффективности 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 (4.12):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.12)$$

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

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

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

Рассчитаем данный показатель для нашей разработки и двух уже существующих аналога, рассмотренных в пункте анализа конкурентных технических решений. Стоимость единицы индикатора, иммобилизованного в полиметакрилатную матрицу составляет порядка 100 руб.; индикатор, иммобилизованный в золь-гель – 300 руб., индикатор, иммобилизованный в оптическую пленку – 450 руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп1}} = 100/450 = 0,222$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп2}} = 300/450 = 0,667$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп3}} = 450/450 = 1$$

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). Получаем, что на нашу разработку необходимо меньше затрат, чем на ее аналоги.

В таблице 4.14 приведена сравнительная оценка характеристик аналогов модуля, где 5 – полностью соответствует критерию, 1 – не соответствует.

Таблица 4.14 - Сравнительная оценка характеристик аналогов

Критерии оценки	Вес критерия	Ф	К1	К2
1 Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,10	5	4	5
2 Температурная устойчивость	0,10	5	4	3
3 Надежность	0,30	5	4	4
4 Безопасность	0,40	5	3	4
5 Простота эксплуатации	0,10	5	4	5
Итого	1			

$$I_{\Phi} = 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,4 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 5;$$

$$I_{\text{к1}} = 3,6;$$

$$I_{\text{к2}} = 4,1.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (4.13):

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.} \quad (4.13)$$

$$I_{исп1}=5/0,222=22,52$$

$$I_{исп2}=3,6/0,667=5,40$$

$$I_{исп3}=4,1/1=4,1$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта (таблица 4.10) и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ) вычисляется по формуле (4.15):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}}. \quad (4.14)$$

Таблица 4.15–Сравнительная эффективность проекта

№ п/п	Показатели	Ф	К1	К2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,222	0,667	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	5	3,6	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	22,52	5,4	4,1
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	-	4,17	5,49

Сравнение значений интегральных показателей эффективности показывает, что наша разработка наиболее эффективна с позиций технической и финансовой ресурсоэффективности по сравнению с существующими аналогами.

#### **4.6 Выводы по разделу «Финансовый менеджмент»**

В ходе выполнения данного раздела был проведен анализ конкурентных технических решений в сфере использования разрабатываемого проекта. Было выявлено, что показатели ресурсоэффективности проекта выше, чем показатели у конкурентов. Оценка готовности проекта к коммерциализации показала, что проект имеет высокую перспективность.

Так же было выполнено планирование научно-технических решений, построена диаграмма Ганта, которая отображает последовательность работ, их длительность и занятость исполнителей в то или иное время.

Бюджет НТИ составляет 148613,12 рублей, куда входят затраты на материалы, заработные платы исполнителям, отчисления в фонды и прочие расходы.

Для определения ресурсоэффективности были рассчитаны интегральные показатели. Этот расчет показал, что проект, по сравнению с аналогами, наиболее эффективен с позиции технической и финансовой ресурсоэффективности, что позволяет говорить об актуальности данного НТИ.

## 5 Социальная ответственность

### 5.1 Производственная безопасность

#### 5.1.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования

Объектом исследования является оптический индикатор свежести молочной продукции. Индикатор представляет собой кислотно-основный индикатор, иммобилизованный в полиметакрилатную матрицу.

**Вывод:** все вредные вещества в полиметакрилате исчезают на стадии синтеза, таким образом, объект безопасен в использовании, в связи с чем и используется в данной работе для оценки качества пищевой продукции.

#### 5.1.2 Анализ вредных и опасных факторов, могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды, согласно [20] представлен в таблице 5.1.

Таблица 5.1

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
- подготовка оборудования к работе;	- недостаточная освещённость рабочей зоны;	- опасность поражения электрическим током;	- СП 52.13330.2016.
- установка оптического индикатора в ячейку спектрофотометра;	- повышенный уровень электромагнитных, ионизирующих излучений;	- статическое электричество;	- СанПиН 2.2.2/2.4.1340-96.
- запуск анализа индикатора в спектрофотометре;	- повышенная или пониженная влажность воздуха;	- короткое замыкание.	- СанПиН 2.2.4.548-96.
- получение и обработка данных на персональном компьютере.	- нервно-психические перегрузки (умственные		- НПБ 105-03.

	перегрузки, монотонность труда, физическая перегрузка).		
--	---	--	--

### 5.1.3 Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

#### 5.1.3.1 Недостаточная освещённость рабочей зоны

Освещение рабочего места инженера-метролога складывается из естественного и искусственного освещения. Нормы освещенности: при осуществлении зрительных работ высокой точности при системе общего освещения освещенность должна составлять 300 лк, а при системе комбинированного освещения – 750 лк [21].

Расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью ( $h$ ) вычисляется по формуле (5.1).

$$h = H - h_p - h_c, \quad (5.1)$$

где  $H$  – высота потолка в помещении, м;

$h_p$  – расстояние от пола до рабочей поверхности стола, м;

$h_c$  – расстояние от потолка до светильника, м.

$$H = 4 - 0,7 - 0,01 = 3,29 \text{ м.}$$

Световой поток каждой из ламп определяется по формуле (5.2)

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k_3 \cdot z}{n \cdot \eta}; \quad (5.2)$$

где  $E$  освещённость лк;

$S$  – площадь помещения,  $\text{м}^2$ ;

$k_3$  – коэффициент запаса, который учитывает загрязнение светильника;

$z$  – коэффициент неравномерности освещения.

$n$  – число светильников;

$\eta$  - коэффициент использования светового потока.

Коэффициент запаса  $k$  учитывает запыленность светильников и их износ. Для помещений с малым выделением пыли  $k = 1,5$ . Поправочный коэффициент  $z$  – это коэффициент неравномерности освещения. Для люминесцентных ламп  $z = 1,1$ .

Индекс помещения определяется по формуле (5.3):

$$i = \frac{S}{h(A + B)}; \quad (5.3)$$

где  $S$  – площадь помещения,  $\text{м}^2$ ;

$A$  – длина комнаты, м;

$B$  – ширина комнаты, м;

$h$  – высота подвеса светильников, м.

$$i = 120 / (3,29 \cdot (20 + 6)) = 1,403.$$

Исходя из того, что потолок в помещении чистый бетонный, а также свежепобеленные стены с окнами, закрытыми жалюзи, коэффициенты отражения от стен  $\rho_c = 70\%$  и потолка  $\rho_n = 50\%$ . По таблице коэффициентов использования светового потока для соответствующих значений  $i$ ,  $\rho_c$  и  $\rho_n$  примем  $\eta = 45\%$ .

Расстояние между светильниками  $L$  определяется как:

$$L = \lambda \cdot H = 1,1 \cdot 3,29 = 3,63 \text{ м}. \quad (5.4)$$

Расстояние от крайних светильников до стены:

$$I = L/3 = 3,63/3 = 1,21 \text{ м}. \quad (5.5)$$

В ряду можно установить 11 светильников типа ШОД (с длиной 1,228 м), при этом разрывы между светильниками в ряду составят 0,46 м. Учитывая, что в каждом светильнике установлено две лампы, общее число ламп в помещении  $n = 11 \cdot 2 \cdot 3 = 66$ . Светильники размещены в три ряда, по 11 в каждом ряду. План расположения светильников в помещении показан на рисунке 5.1.

Из формулы (5.2) выражена освещенность  $E$ :

$$E = \frac{\Phi \cdot n \cdot \eta}{S \cdot z \cdot k}, \quad (5.6)$$

Подставляя известные теперь значения в формулу:

$$E = \frac{2400 \cdot 66 \cdot 0,45}{120 \cdot 1,1 \cdot 1,5} = 360 \text{ лк} \quad (5.7)$$

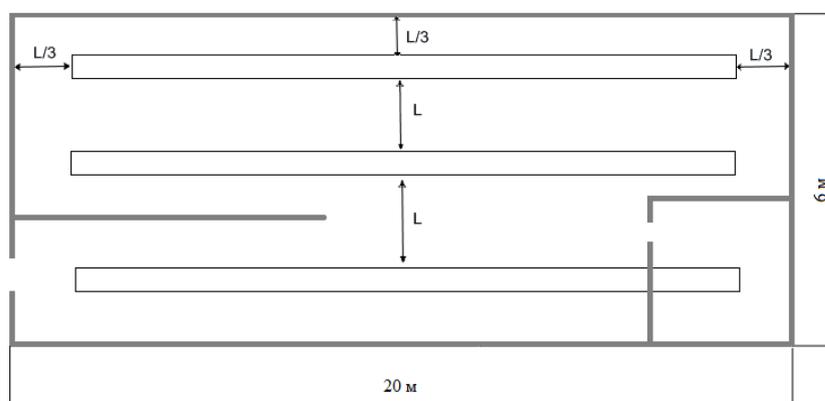


Рисунок 5.1

**Вывод:** поскольку минимальная освещенность при использовании компьютера в сочетании с работой высокой точности, согласно [21], составляет 300 лк, следовательно, данная система освещения обеспечивает нормативное значение освещенности на рабочем месте.

### 5.1.3.2 Повышенный уровень электромагнитных излучений; повышенная напряжённость электрического поля

Источником электромагнитного поля и электромагнитных излучений на рабочем месте является компьютер, в частности экран монитора компьютера. Время работы на персональном компьютере по санитарным нормам не должно превышать 4 часа. [23]

**Вывод:** ряд мероприятий, позволяющих уменьшить влияние вредных факторов на работника при работе за ПК: каждый час необходимо делать перерыв, для выполнения гимнастики для глаз, а также выполнять несколько упражнений на расслабление, которые могут уменьшить напряжение, накапливающееся в мышцах при длительной работе за компьютером.

### 5.1.3.3 Отклонения показателей микроклимата

Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений устанавливаются СанПиН 2.2.4.548 [24]. Выполняемые работы по интенсивности энергозатрат попадают в категорию Ia, так как выполняются сидя и без значительных физических напряжений. Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений по СанПиН 2.2.4.548 [24] приведены в таблицах 5.2 и 5.3 соответственно.

Таблица 5.2

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	40-60	0,1
Тёплый	Ia (до 139)	23-25		0,1

Таблица 5.3

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более

Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75*	0,1	0,1
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75*	0,1	0,2

**Вывод:** параметры микроклимата в используемой лаборатории регулируются системой центрального отопления, и имеют следующие значения: относительная влажность воздуха – 40 %, скорость движения воздуха – 0,1 м/с, температура летом – (23–28) °С, зимой – (20–23) °С. Параметры микроклимата на рабочем месте соответствуют допустимым требованиям.

#### 5.1.3.4 Нервно-психические перегрузки

Нервно-психические перегрузки могут включать в себя умственные перегрузки, монотонность труда, физические перегрузки. Умственное перенапряжение вызывается большим объемом информации, которую надо анализировать. Физические перегрузки отражают преимущественную трудовую нагрузку на опорно-двигательный аппарат и другие системы организма. Наиболее эффективные средства предупреждения утомления при работе на производстве - это средства, нормализующие активную трудовую деятельность человека. Исключение случайно возникающих перебоев в работе, ритмизация трудовых процессов являются важными условиями поддержания высокого уровня работоспособности. На фоне нормального протекания производственных процессов одним из важных физиологических мероприятий против утомления является правильный режим труда и отдыха. [26]

Монотонность – однообразное повторение рабочих операций. Мероприятия по борьбе с монотонностью включают:

- рациональную организацию трудового процесса;
- повышение заинтересованности работника рабочим заданием;

- чередование трудовой деятельности;
- установление оптимальной продолжительности труда. [28]

**Вывод:** работа инженера-метролога предполагает легкую физическую нагрузку и не допускает возникновения физических перегрузок за счет отсутствия динамических нагрузок, перемещения грузов и т.д. Рабочая поза свободная, удобная, возможность смены рабочего положения тела (сидя, стоя). Риск умственных перегрузок в данной работе гораздо более велик. Во избежание нервно-психических перегрузок регулярно устраиваются 15 минутные перерывы через каждый час работы. Трудовая деятельность чередуется – измерение спектров поглощения матриц с помощью спектрофотометра, обработка результатов измерения с помощью ПК и т.д.

#### **5.1.4 Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения**

##### **5.1.4.1 Опасность поражения электрическим током**

На рабочем месте пользователя размещены дисплей, клавиатура и системный блок. Методы защиты от опасности поражения электрическим током:

- электрическая изоляция токоведущих частей (сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм);
- ограждение токоведущих частей, которые работают под напряжением;
- использование малых напряжений, например, не более 50 В;
- электрическое разделение сетей на отдельные короткие участки;
- защитное заземление и зануление. [25]

### 5.1.4.2 Короткое замыкание

Короткое замыкание возникает из-за нарушения изоляции в электропроводах и кабелях, вызываемое перенапряжением, износом изоляции и механическими повреждениями.

Методы предупреждения возникновения короткого замыкания:

- категорически запрещается соединять провода в виде скрутки;
- при проведении скрытой электропроводки необходимо использовать кабель не распространяющий горение, или помещать его в стальные трубы с определенной толщиной стенки, которая не прожжется в результате возникновения короткого замыкания.
- необходимо использовать электропредохранитель, с соответствующей для вашего потребления мощностью.

### 5.1.4.3 Статическое электричество

Токи статического электричества, наведенные в процессе работы компьютера на корпусах монитора, системного блока, клавиатуры, а также при работе с спектрофотометром, могут приводить к разрядам при прикосновении к этим элементам.

Методы защиты от воздействия статического электричества:

- влажная уборка, чтобы уменьшить количество пылинок в воздухе и на предметах лаборатории;
- использование увлажнителей воздуха;
- защитное заземление.

**Вывод:** в лаборатории уровень относительной влажности не является повышенным, как и значение температуры. Ремонт электрических приборов самостоятельно не осуществляется, токоведущие части изолированы. ПК,

спектрофотометр подключены к сетевому фильтру с электропредохранителем. Провода электропитания не свисают со стола, а спрятаны в специальные коробки. Регулярно проводится влажная уборка помещения. Рабочее место соответствует требованиям электробезопасности.

## **5.2 Экологическая безопасность**

Под охраной окружающей среды характеризуется различного рода мероприятиями, влияющие на следующие природные зоны: атмосфера, гидросфера, литосфера. Полиметакрилатная матрица, из-за её маленького размера, можно не считать экологически опасным объектом. Но в большом количестве это может привести к экологической катастрофе, так как утилизация полимерных материалов времязатратное и дорогостоящее действие.

### **5.2.1 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.**

Лаборатория с персональным компьютером и спектрофотометром относится к пятому классу, размер санитарно-защитной зоны которого равен 50 метров, так как работа на персональном компьютере и спектрофотометре не является экологически опасной.

В лаборатории не ведется никакого производства. К отходам, производимым в помещении можно отнести сточные воды и бытовой мусор. На территории организации образуются два вида сточных вод: бытовые и атмосферные сточные воды. Бытовые сточные воды образуются при эксплуатации туалетов. Организация не отвечает за качество данных сточных вод и направляет их на очистительные сооружения. Атмосферные сточные воды, согласно [27] образуются в результате смывания дождевой и талой водой примесей, скапливающихся на крыше и стенах здания. В организации

расход поверхностных сточных вод соответствует нормам. Основным видом мусора – это отходы печати, бытовой мусор (в т. ч. люминисцентные лампы), неисправное электрооборудование, коробки от техники, использованная бумага.

### **5.2.2 Обоснование мероприятий по защите окружающей среды**

Полиметакрилатная матрица относится к области химической технологии, экологии, в частности к способу утилизации отходов полимеров. Способ утилизации отходов полимеров осуществляют в низших спиртах-растворителях, находящихся в сверхкритическом состоянии, в реакторах закрытого типа, при температуре и давлении, превышающих критические значения для исходной реакционной смеси. В качестве низшего спирта используют метиловый спирт, этиловый спирт, пропиловый спирт, изопропиловый спирт. Процесс осуществляют в области давления 100-270 атм и при 200-260 °С в реакторе-автоклаве с перемешиванием. Способ позволяет провести деполимеризацию и превращение полимерных материалов в гомогенные жидкие соединения с высокой степенью конверсии за малые времена контакта.

Утилизация отходов печати вместе с бытовым мусором происходит в обычном порядке. Утилизация электрических приборов осуществляется сотрудниками университета и предусматривает следующую поэтапность:

- правильное заполнение акта списания с указанием факта невозможности дальнейшей эксплуатации перечисленных в акте электрических приборов, о чем имеется акт технического осмотра;

- осуществление списания перечисленных в акте электрических приборов с баланса предприятия с указанием в бухгалтерском отчете, так как утилизация возможна для осуществления только после окончательного списания;

- непосредственно утилизация электрических приборов с полным демонтажем устройств на составляющие детали с последующей сортировкой по видам материалов и их дальнейшей передачей на перерабатывающие заводы.

Люминесцентные лампы относятся к категории токсичных отходов, и их утилизацией должны заниматься специализированные организации, с которыми университету необходимо заключить договор на обслуживание. Хранить отработавшие свой срок лампы следует в специально предназначенных для этого контейнерах, и не реже, чем раз в полгода, отправлять на их переработку. В городе Томск утилизацией люминесцентных ламп занимаются НПП «Экотом» и ОАО «Полигон».

### **5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Данное помещение по пожарной безопасности относится к категории пониженная пожароопасность (В) [29]. По степени огнестойкости данное помещение относится к 3-й степени огнестойкости [30]. Возможные причины пожара: перегрузка в электросети, короткое замыкание, разрушение изоляции проводников.

**Вывод:** в каждой лаборатории на этаже имеется порошковый огнетушитель; на этаже в разных его частях находятся два пожарных крана; два телефона, для того, чтобы своевременно вызвать бригаду пожарных; в здании установлена система охранно-пожарной сигнализации, на этаже установлен звуковой оповещатель; на стене – план эвакуации при пожаре и других ЧС из учебного корпуса, на котором показаны все эвакуационные выходы и пути к ним. Таким образом, здание корпуса № 6 ТГУ, в котором располагается лаборатория, соответствует требованиям пожарной безопасности.

## **5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

### **5.4.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя**

Предъявляемые требования к расположению и компоновке рабочего места: высота рабочей поверхности стола для взрослых пользователей должна регулироваться в пределах (680÷800) мм [23].

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

- ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
- поверхность сиденья с закругленным передним краем;
- регулировку высоты поверхности сиденья в пределах (400÷550) мм и углам наклона вперед до 15°, и назад до 5°;
- высоту опорной поверхности спинки (300±20) мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости –400 мм [23].

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии (100÷300) мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы [23].

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии (600÷700) мм, но не ближе 500 мм [23].

**Вывод:** высота рабочего стола 700 мм, ширина и глубина поверхности сиденья 550 и 600 мм соответственно, поверхность сиденья с закругленным передним краем, высота поверхности сиденья 520 мм с возможностью регулировки, высота опорной поверхности спинки 300 мм, ширина – 420 мм. Клавиатура расположена на поверхности стола на

расстоянии 100 мм от края, экран монитора компьютера – на расстоянии 400 мм.

Рабочее место соответствует нормам, установленным в [23], кроме расстояния от глаз до экрана монитора. Необходимо поставить его дальше от пользователя, на расстояние минимум 500 мм.

#### **5.4.2 Специальные правовые нормы трудового законодательства**

Продолжительность рабочего дня не должна превышать 40 часов в неделю. Организация обязана предоставлять ежегодные отпуска продолжительностью 28 календарных дней. Работнику в течение рабочего дня должен предоставляться перерыв не более 2 часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Всем работникам предоставляются выходные дни, работа в выходные дни производится только с письменного согласия работника. Организация выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы, в случаях, предусмотренных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя. [31]

#### **5.5 Выводы по разделу «Социальная ответственность»**

При анализе лаборатории, являющейся рабочим местом инженера-метролога, занимающегося разработкой способа визуального мониторинга кислотности молока с целью оценки его свежести, было выявлено, что микроклимат в помещении соответствует допустимым требованиям. Система освещения лаборатории обеспечивает нормативное значение освещенности на рабочем месте (360 лк).

Были выявлены психофизические факторы при данном виде работ: монотонность работы и умственные перегрузки.

В лаборатории уровень относительной влажности не является повышенным, как и значение температуры, токоведущие части изолированы, приборы подключены к сетевому фильтру с электропредохранителем, рабочее место соответствует требованиям электробезопасности.

В лаборатории имеется огнетушитель, на этаже установлена пожарная сигнализация, план эвакуации, пожарный кран. Здание, в котором располагается лаборатория, соответствует требованиям пожарной безопасности.

Утилизацию разрабатываемого объекта необходимо производить в низших спиртах-растворителях, находящихся в сверхкритическом состоянии, в реакторах закрытого типа, при температуре и давлении, превышающих критические значения для исходной реакционной смеси.. Также вредными отходами в процессе работы являются люминесцентные лампы: они хранятся в специальных контейнерах, а затем отправляются на переработку.

Рабочее место оптимально организовано, за исключением расстояния от глаз до монитора. График работы не превышает установленных норм.

Используемая аудитория учебного корпуса соответствует установленным нормам, кроме расстояния от глаз до экрана монитора. Необходимо поставить его дальше от пользователя, на расстояние минимум 500 мм.

## Заключение

В результате исследования разработан визуальный способ мониторинга кислотности пастеризованного молока.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы:

- экспериментально определены кислотно-основные свойства пастеризованного молока в течение его хранения;

- разработан колориметрический сенсор на основе полиметакрилатной матрицы с иммобилизованным 2,6-дихлорфенолиндофенолом и предложен способ определения кислотности пастеризованного упакованного молока с его помощью;

- проведена оценка показателей качества предложенного способа в соответствии с РМГ 61: показатель повторяемости предлагаемого способа  $\sigma_{r,m}$  не превышает 0,16, показатель воспроизводимости  $\sigma_{R,m}$  не превышает 0,13, показатель правильности  $\Delta_{c,m} = \pm 0,13$ , показатель точности  $\Delta_m = \pm 0,29$ ;

- проведена апробация способа на реальном объекте.

Поставленные цель и задачи выпускной квалификационной работы выполнены в полном объеме.

Результаты работы предполагается использовать для создания интеллектуальной упаковки пастеризованного молока.

## Список использованных источников

1 Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (утвержденная распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71335844/#1000>, свободный. – Загл. с экрана.

2 Родионов Д. А., Суворина И. В., Макеев П. В., Полушкин Д. Л., Устьян Е. В. Умная упаковка // Молодой ученый. — 2016. — №2. — С. 1066-1069. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/106/24986/>, свободный. – Загл. с экрана.

3 The Chemical Journal. Интеллектуальная упаковка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://tcj.ru/wp-content/uploads/2013/12/2002\\_9\\_43\\_ураковка.pdf](http://tcj.ru/wp-content/uploads/2013/12/2002_9_43_ураковка.pdf), свободный. – Загл. с экрана.

4 Мир этикетки. «Умная» этикетка показывает уровень свежести. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://labelworld.ru/article.aspx?id=18821&iid=873>, свободный. – Загл. с экрана.

5 ГОСТ 31450-2013 Молоко питьевое. Технические условия [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103303/> - Загл. с экрана.

6 Кислотность молока. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://podvor.com/library/slovar/kislotnost-moloka/?letter\[\]=К](http://podvor.com/library/slovar/kislotnost-moloka/?letter[]=К), свободный. – Загл. с экрана.

7 ГОСТ Р 54669-2011 Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200089267/> - Загл. с экрана.

8 ГОСТ 32892-2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности.

9 Y.Wang, W. Ding, L. Kou, L. Li, C. Wang, W. M. Jurick. A Non-destructive method to assess freshness of raw bovine milk using FT-NIR spectroscopy // Journal of Food Science and Technology. – 2015. – Volume 52, Issue 8, pages 5305–5310.

10 Michael Lu, Yvonne Shiau, Jacklyn Wong and others. Milk Spoilage: Methods and Practices of Detecting Milk Quality // Food and Nutrition Sciences. – 2013. – Volume 4, pages 113-123.

11 Jessica A. Cavallo, Miriam C. Strumia, Cesar G. Gomez. Preparation of a milk spoilage indicator adsorbed to a modified polypropylene film as an attempt to build a smart packaging // Journal of Food Engineering. – 2014. – Volume 136, pages 48-55.

12 Ankita Jagannath Lakade, K. Sundar, Prathap Kumar H. Shetty. Nanomaterial-based sensor for the detection of milk spoilage // LWT - Food Science and Technology. – 2017. – Volume 75, pages 702-709.

13 Bin Liua, Han Xua, Huiying Zhao, Wei Liub, Liyun Zhaoa, Yuan L. Preparation and characterization of intelligent starch/PVA films for simultaneous colorimetric indication and antimicrobial activity for food packaging applications // Carbohydrate Polymers. – 2017. – Volume 157, pages 842-849.

14 Valdir Aniceto Pereira Jr., Iza Natalia Queiroz de Arruda, Ricardo Stefani. Active chitosan/PVA films with anthocyanins from Brassica oleraceae (Red Cabbage) as Time-Temperature Indicators for application in intelligent food packaging // Food Hydrocolloids. – 2015. – Volume 43, pages 180-188.

15 Кот Шрёдингера. Живой научно-популярный журнал. Правильно скисшее молоко. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kot.sh/statya/211/pravilno-skisshee-moloko>, свободный. – Загл. с экрана.

16 MEL Science. Почему скисает молоко? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://melscience.com/ru/articles/pochemu-skisaet-moloko/>, свободный. – Загл. с экрана.

17 Индикаторный чувствительный материал для определения микроколичеств веществ: пат. 2272284 Рос. Федерация, № 2004125304/04; заявл. 18.08.2004; опубл. 20.03.2006. Бюл. № 8.

18 Бишоп Э. / Пер с англ.; Под ред. И. Н. Марова. Индикаторы -М.: Мир, 1976. - 496 с.

19 Мирзаева Х.А., Ахмедова Р.И. Получение модифицированных 2,6-дихлорфенолиндофенолом и метиленовым синим сорбентов на основе пенополиуретана // Научный форум: Медицина, биология и химия: сб. ст. по материалам I междунар. науч.-практ. конф. — № 1(1). — М., Изд. «МЦНО», 2016. — С. 59-64.

20 ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071> - Загл. с экрана.

21 СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/456054197> - Загл. с экрана.

22 СН 2.2.4/2.1.8.562 – 96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории застройки [Электронный ресурс]. – URL: <http://base.garant.ru/4174553/> - Загл. с экрана.

23 СанПиН 2.2.2/2.4.1340 – 03. Санитарно – эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=707](http://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=707) - Загл. с экрана.

24 СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.ntm.ru/control/37/6956> - Загл. с экрана.

25 ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.internet-law.ru/gosts/gost/21681/> - Загл. с экрана.

26 Мероприятия по устранению опасных и вредных производственных факторов. [Электронный ресурс]. – URL: <https://studfiles.net/preview/2652579/page:20/> - Загл. с экрана.

27 СНиП 2.04.03-85 Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.vashdom.ru/snip/2.04.03-85/> - Загл. с экрана.

28 Монотонность труда. Условия труда. [Электронный ресурс]. – URL: <https://cribs.me/psikhologiya-truda/monotonnost-truda-usloviya-truda-plyusy-i-minusy-mashin-na-proizvodstve> - Загл. с экрана.

29 НПБ 105-03. Нормы пожарной безопасности. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. [Электронный ресурс]. – URL: <http://оскс.ru/wp-content/standart/105-03.pdf> - Загл. с экрана.

30 Технический регламент «О требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/902111644> - Загл. с экрана.

31 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/trudovoj-kodeks-rf-tk-rf> - Загл. с экрана.

## Приложение А

(обязательное)

### Раздел, выполненный на иностранном языке

#### Раздел 1

#### Milk quality assessment ways

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ61	Зиновьева Екатерина Юрьевна		

Консультант проф. кафедры:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР, ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	канд. хим. наук		

Консультант – лингвист ОИЯ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ОИЯ, ИШИТР	Кузнецова Ирина Николаевна			

## **1. Milk quality assessment ways**

### **1.1 Intelligent package of food products**

Any food product is a biologically active system, i.e. it emits moisture, gases, spoils eventually.

Intelligent package is capable to prolong a shelf-life of products, regulating the processes occurring in them. It can also report to a consumer about a product condition to ensure the consumer's safety and health.

For the first time the term intelligent or clever package began to be used in the early nineties of the XX century in the USA. It was meant only as the labels with the firmware chips allowing prevention of plunders in shops with open access to goods. [2]

Now one of main functions of the intelligent package consists of its influence on a product, extension of its shelf-life and maintaining consumer qualities term: taste, color etc. Package material is the biologically fissile: the immobilized additives are densely kept in a polymeric matrix (for example, connections of a carbonate of potassium, enzymes absorbers of gases and moisture, flavors, germicides). Package allows regulating microbiological balance inside the product. For example, a shelf-life of sausage or meat in this package is prolonged by 2–3 times. The modified and adjustable air environment is often used in intelligent package. It is quite expensive technology. However, high safety rate of fruit and vegetables which do not lose moisture and do not decay pays back its application especially in the conditions of warehousing.

Also intelligent package is intended to analyze environmental influence on a product condition and to inform consumer about it. The consumer will receive data on expiration date of products or discrepancy to requirements of its storage and transportation conditions. [3]

## 1.2 Traditional methods of milk quality assessment

Milk quality assessment with adequate accuracy is a quite difficult technical task that creates problems both for producers of dairy products and for consumers. Sometimes milk spoils even during the stated expiry date due to the wrong storage conditions. Purchase of such milk can harm the consumer's health and safety [5].

The quality of milk is defined by organoleptic indexes such as appearance, consistence, taste and smell, color, physical and chemical indexes, such as purity, heat stability, acidity and others.

Acidity of milk is a physical and chemical index of milk, the characteristics of ion activity of Hydrogenium. The acidity of milk is characterized by three sizes: total (titrable) acid, the actual acidity, buffer properties [6].

The total (titrable) acid is the most important indicator of freshness of milk. Titratable acidity reflects concentration of the constituents of milk having acid character. It is measured in Turner's degrees ( $^{\circ}\text{T}$ ). The acidity of fresh milk is (16 — 18)  $^{\circ}\text{T}$ . The main components of milk causing titratable acidity are acid phosphate salts of calcium, sodium, potassium, citrate salts, carbonic acid, proteins. While storing the milk titratable acidity increases at the expense of a lactification from lactose.

The actual acidity is defined by a hydrogen ion concentration. For fresh milk pH is in limits (6,4 — 6,7), i.e. milk has subacidic reaction. The colloidal state of proteins of milk, body height of the useful and harmful microflora, heat stability of milk, activity of enzymes depends on value pH.

Buffer properties of milk is an ability to keep the actual acidity (pH), despite increase in titratable acidity. Buffer properties are caused by availability of proteins, hydrophosphates, citras and carbon dioxide.

Traditionally the acidity of milk is defined by titrimetric methods in vitro [7]. GOST R 54669 establishes the following titrimetric methods of determination of acidity: potentiometric and indicator.

Method of potentiometric titration is a potentiometric method based on a definition of an equivalence point by results of potentiometric methods. The method is based on acids neutralization which are contained in an analyzed product, by sodium hydroxide solution to preset value of pH and indication of the equivalence point by a potentiometric analyzer. Electrodes of the potentiometric analyzer immerse in a glass with mix of milk and distilled water. This mix is titrated by sodium hydroxide solution to the equivalence point. After that the sodium hydroxide solution volume spent for titration is measured.

Indicator method is a titration method based on definition of an equivalence point in a presence of an indicator. The method is based on neutralization of free acids, acid salts and free acid groups which are contained in a product, by sodium hydroxide solution in presence of Phenolphthaleinum indicator. Distilled water and milk are poured in a flask. Three drops of Phenolphthaleinum solution are added. The mix is carefully mixed and titrated by sodium hydroxide solution before weak-pink coloring of a milk solution corresponding to a control standard of coloring (a solution of milk, distilled water and cobaltous sulfate).

Acidity of an analyzed product, °T (in Turner's degrees), is calculated by multiplication of volume, in centimeters cubic, of sodium hydroxide solution wasted on the neutralization on 10, coefficient for a drinking milk. [7]

### **1.3 The latest developments in milk quality assessment area**

Now new methods of milk freshness determination are developed. One of such methods is FT-NIR spectroscopy [9]. A transmission spectrum in a range from 833 to 2500 nanometers was fixed by a fibro-optical probe immersed in milk. The obtained spectral data were compared to such parameters of milk quality like pH value, acidity and lactose content measured by traditional ways. Thus, models, reflecting dependence of a milk absorption spectrum on its freshness parameters, were developed.

Essential lack of this method is an obligatory existence of laboratory conditions and express inventory (a fibro-optical probe), a spectrometer used for milk quality control. Thus, this method cannot be used by an ordinary consumer.

Some researchers use a correlation between freshness of milk and amount of bacteria in their works [10,11]. Methylene blue, the acid-base indicator, is used in these researches. Metabolic activity of bacteria increases with milk spoilage process. The methylene blue changes a coloring: its color is blue in a presence of oxygen, then it becomes colorless because of carbon dioxide allocated by bacteria.

The authors [10] offered an improvement of this method using an amperometric sensor. The sensor fixes current change in a chain, owing to metabolic activity of bacteria. This method is more effective than previous, because it does not require constant observation and regular sample drawing.

Need of sample drawing solved in [11] as follows: an immobilization of the methylene blue in modified polypropylene films. The indicator in the film behaves similar to the indicator in a solution – it becomes colorless because of bacteria metabolic activity.

Another method allowing visually defining milk freshness is considered in [12]. The authors offer a sensor based on silver nanoparticles modified by cysteinum. Silver nanoparticles act like an indicator giving a consumer information about milk freshness. Cysteinum allows nanoparticles to contact lactic acid. Thus, there is a congestion of nanoparticles leading to a visible color change. When lactic acid content increases, nanoparticles congestion increases too. It led to observed solution color change. Nanoparticles color in a presence of lactic acid is yellow, then it becomes orange, red and, at last, violet. Color changed from yellow through orange and red to grey blue in milk samples.

The advantages of this method are: high stability, hypotoxicity and good biocompatibility of silver nanoparticles. The method is fast and inexpensive, but its main shortcoming is a milk sample necessity for controlling milk quality, i.e. the consumer can use such method only after a milk purchase.

Anthocyanin color change may be used in visual assessment of milk freshness [13,14]. An anthocyanin received from a red cabbage was used in [13]. The anthocyanin was immobilized in films based on a chitosan and polyvinyl alcohol (with addition of a limonene). The anthocyanin received from a yam, the tuberous culture similar to potatoes was used in [14]. The indicator was immobilized in films based on a potato starch and polyvinyl alcohol (with addition of a limonene).

The main advantage of [13,14] is the complete harmlessness for a consumer and a lack of influence on production. At the same time a shortcoming is insufficiently contrast color transition. Another shortcoming is an instability of the indicator and its coloring (the indicator is washed away from films).

Summary data on researches in pasteurized milk quality assessment area are in table 1.

Table A.1 – The modern researches in pasteurized milk quality assessment area

Measured parameter	Essence of the offered method	Analytical signal	Detecting way	Order number of source
Acidity, pH, lactose content	FT-NIR spectroscopy by using of fibro-optical probe	Spectrum mean value change	Instrumental	9
Amount of bacteria	Change of color of the methylene blue, amperometric sensor fixes change of current in a chain	Color change, current change	Instrumental	10
Amount of bacteria	Change of color of the methylene blue, immobilized in the polypropylene film	Color change	Visual	11
Lactic acid content	Nanomaterial-based sensor	Color change	Visual	12
Acidity	Anthocyanin color change	Color change	Visual	13,14

The measured parameter is a certain parameter of milk depending on its freshness.

Thus, pasteurized milk quality assessment methods can be divided into two groups: with an instrumental detecting way (freshness assessment requires an express inventory and/or laboratory conditions) and with a visual detecting way.

The visual detecting way of is applied in this work. This method is more preferable because it requires neither special qualification of an operator nor any laboratory conditions, reagents or an inventory. A consumer can make a choice for the freshest milk in a shop using intelligent package provided information and also control its quality further at storage in a refrigerator.

Such shortcomings of methods with a visual detecting way as a poor visibility of color transition and coloring instability of the indicator are eliminated in this work by an immobilization of indicators on a polymeric matrix.

#### **1.4 Milk souring process**

Milk is a nutritious multicomponent liquid produced by mammary glands of mammals females. It contains:

- macrocells (calcium, magnesium, fluorine, sodium, phosphorus, chlorine, sulfur, etc.);
- minerals (iron, copper, zincum, iodine, fluorine, silicon, chrome, etc.);
- fats;
- proteins (albumin, globulin);
- vitamins (A, D, E, K, B);
- enzymes (lactose);
- bacteria.

As it is noted above, milk contains different types of bacteria. Lactic bacteria is a group of microaerofilic gram-positive microorganisms fermenting carbohydrates with a lactification.

Lactic bacteria split lactose into glucose and a galactose in milk. Then bacteria oxidize them to lactic acid, receiving energy. A structure of a casein – the complex protein as a part of milk – brakes under an influence of the acids produced by lactic bacteria. As a result milk is divided into serum and heavy body. [15]

A speed of souring is influenced by a number of factors. First, milk storage temperature. The temperature is higher, the quicker there is a milk souring process. Secondly, purity of ware using for milk storage. Water, fat, dust and other pollution on a ware surface accelerate milk souring process. Thirdly, specific bacteria influence. Treat them: a kefiric mushroom (it is added for receiving kefir), milk yeast (production of yogurts), propionate bacteria (cottage cheese), lactic sticks (fermented baked milk). [16]

## Приложение Б

(обязательное)

### Сведения об оценках показателей точности, правильности, прецизионности методики анализа, полученных на основе экспериментальных данных

Таблица Б.1 – Сведения об оценках показателей качества

Номер образца $m$	Число серий $L$	Число результатов в единичного анализа $N$	Принятое опорное значение $C_m$	Среднее арифметическое значение результатов анализа $X_m$	Оценка СКО повторяемости и $\sigma_{r,m}$	Оценка СКО воспроизводимости и $\sigma_{R,m}$	Метод оценки показателя правильности	Оценка показателя правильности и $\Delta_{c,m}$	Оценка показателя точности $\Delta_m$
1	2	3	6,807	7,045	0,089	0,073	Метод оценки показателей качества методики анализа с применением методики с известными (оцененными) значениями показателя точности (методики сравнения)	0,053	0,160
2			6,803	6,998	0,164	0,134		0,103	0,294
3			6,800	6,987	0,132	0,108		0,087	0,238
4			6,700	6,537	0,036	0,031		0,126	0,068
5			5,927	5,672	0,026	0,021		0,041	0,046
6			5,237	5,272	0,018	0,015		0,036	0,033
7			4,473	4,560	0,035	0,029		0,057	0,064
8			4,430	4,459	0,022	0,018		0,023	0,039
9			4,433	4,395	0,015	0,012		0,020	0,027

## Приложение В

(обязательное)

### Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Таблица В.1 – Диаграмма Ганта

№ работ	Вид работ	Исполнители	Т <sub>к</sub> кал. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				Февраль			Март			Апрель			Май			
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	3													
2	Подбор и изучение материала по теме	Студент	11													
3	Выбор направления исследования	Научный руководитель	3													
		Студент	5													
4	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель	3													
		Студент	5													
5	Изучение теоретического материала по выбранному направлению	Студент	28													
6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Студент	24													
7	Построение моделей и проведение эксперимента	Научный руководитель	4													
		Студент	10													
8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент	10													
9	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель	1													
		Студент	8													