

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа Информационных технологий и робототехники (ИШИТР)  
 Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение Автоматизации и робототехники

### МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Оценка метрологических характеристик цветиметрического способа определения кислотности пастеризованного молока

УДК 006:543.433.7:636.034

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ГМ91	Баховка Светлана Васильевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	К.Х.Н.		

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина Витальевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	Д.М.Н., профессор		

По разделу на иностранном языке

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ ШБИП	Маркова Наталия Александровна			

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Муравьев Сергей Васильевич	Д.Т.Н., профессор		

**Планируемые результаты освоения направления  
27.04.01 «Стандартизация и метрология»**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, выработывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
ОПК(У)-1	Способен формулировать цели и задачи исследования, самостоятельно изучать научно-техническую документацию своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способен определить математическую и техническую сущность задач и провести их качественно-количественный анализ
ОПК(У)-3	Способен на основании статистических методов участвовать в проведении корректирующих и превентивных мероприятий, направленных на улучшение качества, интерпретировать и представлять результаты
ОПК(У)-4	Способен анализировать полученные результаты измерений на основе их физической природы и принимать обоснованные решения в области профессиональной деятельности
ПК(У)-1	Способен к разработке и практической реализации систем стандартизации, сертификации и обеспечения единства измерений
ПК(У)-2	Готов обеспечить необходимую эффективность систем обеспечения достоверности измерений при неблагоприятных внешних

	воздействиях и планирование постоянного улучшения этих систем
ПК(У)-3	Способен анализировать состояние и динамику метрологического и нормативного обеспечения производства, стандартизации и сертификации на основе использования прогрессивных методов и средств
ПК(У)-4	Способен обеспечить выполнение заданий по разработке новых, пересмотру и гармонизации действующих технических регламентов, стандартов и других документов по техническому регулированию, стандартизации, сертификации, метрологическому обеспечению и управлению качеством
ПК(У)-5	Способен разрабатывать процедуры по реализации процесса подтверждения соответствия
ПК(У)-6	Готов обеспечить эффективность измерений при управлении технологическими процессами
ПК(У)-7	Готов обеспечить надежность и безопасность на всех этапах жизненного цикла продукции
ПК(У)-8	Способен к автоматизации процессов измерений, контроля и испытаний в производстве и при научных исследованиях
ПК(У)-29	Готов участвовать в научной и педагогической деятельности в области метрологии, технического регулирования и управления качеством

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа Информационных технологий и робототехники (ИШИТР)

Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология

Отделение школы (НОЦ) – Отделение Автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

\_\_\_\_\_ Муравьев С.В.  
 (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
8ГМ91	Баховка Светлана Васильевна

Тема работы:

Оценка метрологических характеристик цветометрического способа определения кислотности пастеризованного молока
--

Утверждена приказом директора (дата, номер)
---

15.02.2021 №46–24/с
---------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:
--

22.11.2021
------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

##### **Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Стратегия повышения качества пищевой продукции в Российской Федерации до 2030 года (утвержденная распоряжением Правительства РФ от 29 июня 2016 г. № 1364-р). ГОСТ 32892-2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности. РМГ 61-2010 Государственная система обеспечения единства измерений. Показатели точности, правильности, прецизионности методик количественного химического анализа. Методы оценки

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>  <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Способы определения кислотности молока  1.1 Традиционные методы определения кислотности молока  1.2 Определение кислотности молока на основе колориметрических сенсоров  2 Экспериментальная часть  2.1 Полиметакрилатная матрица  2.2 Реактивы и оборудование  2.3 Изменение кислотно-основных свойств молока в период хранения  2.4 Колориметрический сенсор для определения кислотности молока  2.5 Влияние кислотности молока на цветометрические характеристики колориметрического сенсора  2.6 Алгоритм обработки изображения.  3 Обработка и обсуждение результатов  3.1 Выбор индикатора для колориметрического сенсора  3.2 Влияние кислотности молока на цветометрические параметры колориметрического сенсора  3.3 Определение кислотности молока с помощью колориметрического сенсора при комнатной температуре  3.4 Оценка показателей точности, правильности, прецизионности</p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация, выполненная в программе Microsoft Power Point</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>доцент ОСГН ШБИП, к.э.н., Верховская М.В.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>профессор ОКД ШБИП, д.м.н., Федоренко О.Ю.</p>
<p>Раздел, выполненный на английском языке</p>	<p>старший преподаватель ОИЯ ШБИП, Маркова Н.А.</p>
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>  Этапы разработки методики аттестации для испытательного оборудования</p>	

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p>12.01.2021</p>
--	-------------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент ОАР ИШИТР</p>	<p>Суханов А.В.</p>	<p>к.х.н.</p>		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>8ГМ91</p>	<p>Баховка Светлана Васильевна</p>		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ГМ91	Баховка Светлана Васильевна

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа информационных технологий и робототехники</b>	<b>Отделение</b>	<b>Отделение автоматизации и робототехники</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Магистратура</b>	<b>Направление/специальность</b>	<b>24.07.01 Стандартизация и метрология Метрологический анализ и экспертиза технических систем</b>

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально–технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Оклады участников проекта, нормы рабочего времени, районный коэффициент по г. Томску
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

1. Предпроектный анализ:	– потенциальные потребители результатов исследования; – диаграмма Исикава; – SWOT–анализ.
2. Планирование научно–исследовательских работ:	– организационная структура проекта – определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения научного исследования; – определение бюджета научно – технического исследования.
3. Определение оценки научного уровня:	– определение показателя научно–технического уровня.

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

1 Диаграмма Исикава 2 Календарный план график
--

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	01.03.2021
---	------------

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Верховская Марина	К.Э.Н.		

	Витальевна			
--	------------	--	--	--

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ГМ91	Баховка Светлана Васильевна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8ГМ91	Баховка Светлана Васильевна

<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа Информационных технологий и робототехники</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>Отделение Автоматизации и робототехники</b>
<b>Уровень образования</b>	<b>Магистратура</b>	<b>Направление/ специальность</b>	<b>27.04.01 Стандартизация и метрология Метрологический анализ и экспертиза технических систем</b>

**Тема ВКР:**

Оценка метрологических характеристик цветометрического способа определения кислотности пастеризованного молока

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

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>В разделе ВКР «Социальная ответственность» рассматриваются особенности организации рабочего места инженера-метролога, место представляет собой компьютерный стол с персональным компьютером и спектрофотометром Shimadzu – UV 1800. Рабочее место – учебная аудитория (S=21,9; a=3,16; b=6,9/отопление – радиаторные батареи 2 шт/вентиляция отсутствует/освещение – 6 потолочных светильников с зеркальными решетками, внутри каждого светильника по 4 лампы/оборудование –рабочий стол, компьютер) 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.</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p>	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> </ul>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. Федеральный закон Российской</p>

<p>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Федерации от 22.07.2008 №123–ФЗ  Технический регламент о требованиях пожарной безопасности  ГОСТ 12.03.003–2015 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация  ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности  ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация  ГОСТ 12.2.032–78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя.  СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.  СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.  СанПиН 1.2.3685–21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания  СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки  ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности  ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности  ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере  ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»  ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 4. Требования к клавиатуре  ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ  Электробезопасность  ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление  ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках.</p>
---	---

	<p>ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты</p> <p>ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования</p> <p>ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения</p> <p>– ГОСТ Р 53692-2009 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов</p>
<p><b>2. Производственная безопасность:</b></p> <p>2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Проводится анализ выявленных</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отклонение показателей микроклимата;</li> <li>- повышенный уровень</li> <li>- недостаточная освещенность рабочей зоны;</li> <li>- шум;</li> <li>- нервно-психические перегрузки (умственные перегрузки, монотонность труда, физические перегрузки).</li> </ul> <p>Анализ выявленных опасных факторов производственной среды, таких как:</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>3. Экологическая безопасность:</b></p>	<p>Негативное воздействие на литосферу происходит при утилизации: компьютера и периферийных устройств (принтеры, МФУ, веб-камеры, наушники, колонки, телефоны); люминесцентных ламп; макулатуры.</p>
<p><b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Возможные ЧС: пожары в здании, грозы, ураганы, оползни.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: пожар в здании.</p>

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

01.03.2021

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД ШБИП	Федоренко Ольга Юрьевна	д.м.н, профессор		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ГМ91	Баховка Светлана Васильевна		

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа Информационных технологий и робототехники (ИШИТР)

Направление подготовки – 27.04.01 Стандартизация и метрология

Отделение школы (НОЦ) – Отделение Автоматизации и робототехники

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

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

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ–ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	..2021
--	--------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
08.02.2021	1 Способы определения кислотности молока	20
22.03.2021	2 Экспериментальная часть	30
10.05.2021	3 Обработка и обсуждение результатов	30
14.05.2021	4 Финансовый менеджмент	10
17.05.2021	5 Социальная ответственность	10

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	К.Х.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Муравьев Сергей Васильевич	д.т.н., профессор		

## Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 96 страниц, 15 рисунков, 23 таблицы, 50 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: колориметрический сенсор, полиметакрилатная матрица, бромокрезоловый пурпурный, молоко, кислотность.

Объектом исследования является колориметрический сенсор (КС), на основе индикатора бромокрезолового пурпурного (БКП), иммобилизованного в полиметакрилатную матрицу (ПММ).

Цель работы – разработка способа определения кислотности молока с использованием цветометрического анализа изображения цветовой шкалы. Данный способ позволяет произвести оценку кислотности молока на основании измерения цветометрических характеристик КС как визуально, так и с использованием бытовых цветорегистрирующих устройств.

В результате работы установлена зависимость кислотности молока от времени хранения; разработан КС на основе ПММ с иммобилизованным БКП; установлен отклик КС в зависимости от кислотности молока; разработан и реализован в Vision Builder NI алгоритм для обработки аналитического сигнала КС для определения кислотности молока; проведена оценка показателей качества предложенного способа.

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

## 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	18
1	Способы определения кислотности молока	20
1.1	Традиционные методы определения кислотности молока	20
1.2	Определение кислотности молока на основе колориметрических	23
2	Экспериментальная часть	26
2.1	Полиметакрилатная матрица	26
2.2	Реактивы и оборудование	26
2.2.1	Спектрофотометр Shimadzu UV-1800	26
2.2.2	Иономер лабораторный И-160	28
2.2.3	Спектрофотометр AvaSpec-2048	29
2.2.4	Оборудование, необходимое для приготовления растворов	31
2.2.5	Исходные вещества и реагенты	32
2.3	Измерение кислотно-основных свойств молока в период хранения	32
2.4	Колориметрический сенсор для определения кислотности молока	31
2.5	Влияние кислотности молока на цветометрические характеристики колориметрического сенсора	32
2.6	Получение и обработка изображения колориметрического сенсора	32
3	Обработка и обсуждение результатов	34
3.1	Выбор индикатора, иммобилизованного в матрицу	34
3.2	Влияние кислотности молока на цветометрические параметры колориметрического сенсора	36
3.3	Определение кислотности молока с помощью колориметрического сенсора при комнатной температуре	42
3.4	Оценка показателей точности, правильности, прецизионности	43
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	46
4.1	Предпроектный анализ	46
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	46

4.1.2	Потенциальные потребители результатов исследования	47
4.2	Инициация проекта	49
4.2.1	Цели и результат проекта	49
4.3	Планирование НИР	51
4.3.1	Планирование этапов и работ по выполнению НИР	51
4.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ	52
4.3.3	Разработка календарного плана работ	52
4.4	Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	54
4.4.1	Состав затрат, включаемых в себестоимость НТИ	54
4.4.2	Расчет затрат НТИ	54
4.4.2.1	Расчет материальных затрат НТИ	54
4.4.2.2	Основная заработная плата исполнителей темы	55
4.4.2.3	Дополнительная заработная плата исполнителей темы	57
4.4.2.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	57
4.4.2.5	Накладные расходы	58
4.4.2.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	58
4.5	Определение ресурсоэффективности исследования	59
4.6	Выводы по разделу «Финансовый менеджмент»	61
5	Социальная ответственность	63
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	63
5.1.1	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны исследователя	64
5.1.2	Специальные правовые нормы трудового законодательства	65
5.2	Производственная безопасность	65
5.2.1	Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования	65
5.2.2	Анализ вредных и опасных факторов, могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	65
5.2.3	Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	67

5.2.3.1	Недостаточная освещённость рабочей зоны	67
5.2.3.2	Повышенный уровень электромагнитных излучений, повышенная напряжённость электрического поля	70
5.2.3.3	Повышенный уровень электромагнитных излучений, повышенная напряжённость электрического поля	70
5.2.3.4	Отклонения показателей микроклимата	71
5.2.3.5	Нервно-психические перегрузки	72
5.3.1	Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	73
5.3.1.1	Опасность поражения электрическим током	73
5.3.1.2	Короткое замыкание	73
5.3.1.3	Статическое электричество	74
5.4	Экологическая безопасность	75
5.4.1	Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду	75
5.4.2	Обоснование мероприятий по защите окружающей среды	76
5.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	77
5.6	Выводы по разделу «Социальная ответственность»	78
	Заключение	80
	Список использованных источников	81
	Приложение А (справочное) Milk quality assessment ways	88
	Приложение Б (справочное) Сведения об оценках показателей качества	97

## Введение

В условиях повсеместного распространения торговых сетей и широкого доступа потребителей к скоропортящимся продуктам питания контроль за качеством приобретаемой и/или реализуемой продукции выходит на первый план. В современных условиях такой контроль может осуществляться с помощью даты годности продукта указанной на упаковке. Однако, такой способ контроля качества не может удовлетворять требованиям безопасности пищевой продукции, поскольку не отражает реального состояния реализуемой продукции и не учитывает случайных отклонений условий хранения.

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.

Объектом исследования является колориметрический сенсор, на основе кислотно-основного индикатора бромкрезолового пурпурного, иммобилизованного в полиметакрилатную матрицу. Оценка качества производится на основании изменения цвета индикатора.

Цель данной работы – разработка способа определения кислотности молока с использованием цветометрического анализа изображения цветовой шкалы .

Для достижения цели работы необходимо решить следующие задачи:

- а) установить зависимость кислотности молока от времени хранения;
- б) разработать колориметрический сенсор для определения кислотности молока;
- в) разработать алгоритм обработки изображений КС.
- г) оценить показатели качества способа определения кислотности упакованного пастеризованного молока с использованием разработанного КС.

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

Во втором разделе описывается экспериментальная часть разработки колориметрического сенсора для определения кислотности 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 определения кислотности молока.

## **1 Способы определения кислотности молока**

### **1.1 Традиционные методы определения кислотности 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 [1].

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 [2].

Общая (титруемая) кислотность отражает концентрацию составных частей молока, имеющих кислотный характер. Единицы измерения титруемой кислотности – градусы Тернера ( $^{\circ}\text{T}$ ). Кислотность свежесвыдоенного молока находится в диапазоне (16–18)  $^{\circ}\text{T}$ . 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)  $^{\circ}\text{T}$ . 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 (6,7-6,9), 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 и обусловлены наличием белков, гидрофосфатов, цитратов и диоксида углерода.

Традиционно кислотность молока определяется в лабораторных условиях титриметрическими методами или же с использованием иономера [3]. 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 гидроокиси натрия до заранее заданного значения рН и индикации точки эквивалентности при помощи потенциометрического анализатора с пересчетом на градусы Тернера. Electroды потенциометрического 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[4].

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

Потенциометрический метод основан на измерении разности потенциалов между двумя электродами (измерительным и электродом сравнения), погруженными в анализируемую пробу. В качестве средства измерений используются анализаторы потенциометрические 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.

## **1.2 Определение кислотности молока на основе колориметрических сенсоров**

Оптические химические сенсоры играют ключевую роль в измерении рН. Основные принципы создания оптических химических рН сенсоров и последние тенденции обработки аналитического сигнала представлены в обзорах [5,6].

Особую популярность приобрели колориметрические рН сенсоры благодаря возможности не инструментального считывания аналитического сигнала. Аналитическим сигналом колориметрического рН сенсора является изменение цвета, которое зависит от рН анализируемого образца.

Одно из направлений применения колориметрических рН сенсоров – контроль свежести (качества) скоропортящихся продуктов. Для упакованных скоропортящихся продуктов контроль свежести (качества) часто не осуществляется в лабораторных условиях, вместо этого, срок годности обычно проштампован на упаковке с дополнительными рекомендациями по условиям хранения. Это не учитывает влияние различных условий при последующей транспортировке и хранении, которые могут значительно изменить срок годности скоропортящихся продуктов. Порча скоропортящихся продуктов сопровождается образованием различных химических или биологических веществ (например, биогенных аминов или бактерий) или изменением некоторых характеристик пищевых продуктов (например, цвета, запаха и / или однородности), которые могут служить в качестве индикаторов свежести. Кроме того, собственные кислотно-основные свойства новых соединений, образующихся при хранении, могут изменять общий показатель рН пищи, и их присутствие, следовательно, может быть определено с помощью рН сенсоров. Примеры применения колориметрических рН сенсоров для контроля свежести включают морепродукты [7,8,9,10,11,12], мясные продукты [13,14,15], молочные продукты [16,17,18,19,20,22] и другие скоропортящиеся продукты [23].

Сенсор рН на основе нанокомпозита полипиррол /серебро, химически закрепленного на полиэфирном волокне [21] использован для непрерывного контроля рН в период хранения молока. Сенсор продемонстрировал разумный отклик и воспроизводимость в отношении определения от рН молока. К сожалению, такие оптоволоконные датчики неприменимы для

оценки скисания молока неподготовленным потребителем за пределами лаборатории.

Сенсор на основе экстрактов виноградной кожуры, включенных в матрицу из нанокристаллов камеди и целлюлозы был использован для визуального определения pH и для мониторинга процесса скисания молока [17]. Предложенные сенсорные пленки показали легко детектируемое изменение цвета с красного на зеленый, при переходе от кислой к щелочной среде.

Новый колориметрический метод определения порчи молока с использованием наночастиц серебра с цистеином, был разработан в [19]. Агрегация наночастиц усиливается с увеличением содержания молочной кислоты, что приводит к изменению цвета с желтого на оранжевый, затем на красный и фиолетовый.

В работе [20] были предложены колориметрические сенсоры на основе антоцианин-агарозной пленки в качестве индикаторов свежести цельного молока посредством мониторинга pH. Оценка изменения цвета была осуществлена с использованием нового колориметрического метода, – красный хроматический сдвиг.

Жизнедеятельность молочнокислых бактерий приводит к увеличению содержания молочной кислоты и, следовательно, снижению уровня pH. При нормальном уровне pH, основной белок в молоке, казеин, остается равномерно распределенным в объеме. При уровне pH ниже 4,6 белок коагулирует за счет кислоты, образующейся при ферментации [23]. Таким образом, кислотность молока может быть использована для отслеживания старения молока.

## **2 Экспериментальная часть**

### **2.1 Полиметакрилатная матрица**

В данной работе в качестве основы колориметрического сенсора используются полиметакрилатная матрица (ПММ). Полиметакрилатная матрица в виде прозрачной пластины толщиной  $(0,60 \pm 0,04)$  мм получается радикальной блочной полимеризацией по методике [24]. Из исходной пластины вырезаются образцы размером  $6,0 \times 8,0$  мм массой около 0,05 г, которые в дальнейшем 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 оптических характеристик матрицы после ее контакта с анализируемым объектом.

### **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. Данный спектрофотометр характеризуется высокой точностью производимых измерений, отличными оптическими характеристиками, надежностью в использовании, простотой в ознакомлении и дальнейшей работе с прибором, современным дизайном.

На рисунке 1 представлен спектрофотометр Shimadzu – UV 1800.



Рисунок 1 – Внешний вид спектрофотометра Shimadzu UV-1800

Метрологические характеристики спектрофотометра Shimadzu – UV-1800 показаны в таблице 1.

Таблица 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 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.

На рисунке 2 представлен иономер лабораторный И-160.

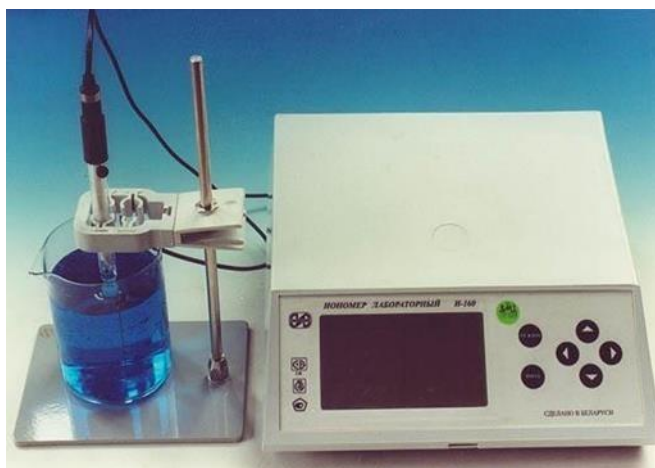


Рисунок 2 – Внешний вид иономера лабораторного И-160

Метрологические характеристики иономера лабораторного И-160 представлены в таблице 2.

Таблица 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 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, оптоволоконными принадлежностями и датчиками Avantes.

На рисунке 3 представлен спектрофотометр AvaSpec-2048.



Рисунок 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, были использованы:

- 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) мкм<sup>3</sup> и (100-1000) мкм<sup>3</sup> по ГОСТ 28311.

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

В качестве индикатора свежести молока в данной работе выбран бромокрезоловый пурпурный (БКП). Раствор БКП был приготовлен растворением точной навески 0,025 г индикатора в дистиллированной воде.

В работе использовались стандартные растворы: 0,1 М NaOH, 0,1 М HCl, приготовленные по ГОСТ 25794.1; раствор молочной кислоты 85% (CAS № 50-21-5); все вещества использовали без предварительного разбавления и предварительной очистки.

### **2.3 Измерение кислотно-основных свойств молока в период хранения**

Для определения зависимости кислотности молока от времени хранения при комнатной температуре ( $22 \pm 2$ ) °С, проводился эксперимент на пастеризованном питьевом молоке, жирностью 3,2 %, произведенное ООО «Деревенское молочко». Для этого 150 мл молока помещалось в химический стакан, опускались электроды иономера лабораторного, и перемешивалось магнитной мешалкой в течение 26 часов. Значение рН, отображаемое на табло иономера, фиксировалось с помощью фотоаппарата через каждые 10 минут.

## 2.4 Колориметрический сенсор для определения кислотности молока

Колориметрический сенсор для определения кислотности молока изготавливали путем иммобилизации бромокрезолового пурпурного в полиметакрилатную матрицу сорбцией из его водного раствора в статическом режиме. Для этого полиметакрилатная матрица помещалась в раствор реагента и перемешивалась в течение заданного времени, при этом матрица окрашивалась в зеленый цвет, соответствующий равновесному содержанию кислотной и основной форм реагента. Условия изготовления и характеристики колориметрических сенсоров (КС) представлены в Таблице 3.

Таблица 3. Параметры колориметрических сенсоров в зависимости от условий изготовления.

Обозначение	Условия изготовления				Сенсорная мембрана				
	( $a^1 \pm SD$ ), mg/g	$C_0^2$ , кг/л	t, мин	V, мл	m, г	A415 <sup>3</sup>	RSD <sup>4</sup> , %	A600 <sup>3</sup>	RS D <sup>4</sup> , %
КС1	$1.21 \pm 0.07$	1	1,5	25	1.1316 (25 шт)	1.31	10	1.29	20

<sup>1</sup>Содержание реагента в КС; <sup>2</sup> начальная концентрация реагента в растворе для иммобилизации;

<sup>3</sup> среднее значение максимума поглощения при соответствующей длине волны; <sup>4</sup> относительное стандартное отклонение для среднего значения максимума поглощения.

## **2.5 Влияние кислотности молока на цветометрические характеристики колориметрического сенсора.**

Для определения влияния кислотности молока на цветометрические параметры колориметрического сенсора, были приготовлены образцы молока с различным значением рН от 4,5 до 7,0 путем добавления макроколичеств концентрированной молочной кислоты, с целью имитации процесса скисания молока. Колориметрические сенсоры помещались в растворы соответствующих образцов молока с установленным значением рН и перемешивались на вибросмесителе до достижения кислотно-основного равновесия (не более 5 минут). 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 Получение и обработка изображения колориметрического сенсора**

Колориметрические сенсоры после контакта с образцами с различным значением рН фотографировались на камеру смартфона в условиях комнатного освещения и при постоянном расстоянии между шкалой колориметрических сенсоров и камерой смартфона.

Для извлечения количественной информации об изменении цвета был разработан алгоритм обработки изображения. Разработанный алгоритм был реализован в Vision builder for automated inspection National instruments.

Реализованный алгоритм включал в себя следующие стадии:

- предварительная обработка изображения для нахождения целевой области;
- извлечение цветовых координат соответствующего цветового пространства из целевой области.
- расчет цветовой разницы для каждой целевой области
- запись набора цветовых координат и цветового различия для каждой целевой области в \*.txt файл.

Расчет цветовой разницы производился по формуле 3:

$$\Delta E = ((R_0 - R_i)^2 + (G_0 - G_i)^2 + (B_0 - B_i)^2)^{1/2}, \quad (3)$$

где  $(R_0; G_0; B_0)$  – цветовые координаты колориметрического сенсора после контакта с неиспорченным молоком, в цветовой модели RGB;

$(R_i; G_i; B_i)$  – цветовые координаты колориметрического сенсора после контакта с молоком с установленным значением pH, в цветовой модели RGB.

Основными цветометрическими параметрами являлись  $L, a, b$  – координаты в цветовом пространстве CIE  $Lab^*$  и  $R, G, B$  – координаты в цветовом пространстве RGB.

### 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 индикатора в растворе.

Окраска индикатора при заданном значении рН определяется отношением концентраций кислотной формы (Hind) и основной (Ind-) форм. Равновесие индикаторной системы смещается при уменьшении рН в сторону большего образования Hind-формы, а увеличение рН способствует образованию анионов индикаторов Ind-. Следовательно, окраска индикатора зависит от значения рН. Если индикатор диссоциирован примерно на 50 %, т.е. [HInd]≈[Ind-], окраска будет переходной. Соответствующее значение рН 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 рН. Окраска зависит от соотношения концентраций кислотной и основной форм, что определяется концентрацией водородных ионов в растворе. Интервал перехода кислотно-основных индикаторов (формула 4):

$$pH = pK_{ind} \pm 1, \quad (4)$$

Таким образом, фактически, интервал перехода индикаторов соответствует двум единицам значений рН [25].

В работе [26] показана возможность применения колориметрического сенсора на основе БКП иммобилизованного в ПММ для мониторинга

кислотности водных растворов. Там же определены время отклика колориметрического сенсора (4 мин.) и значение рК ( $6,5 \pm 0,3$ ) для БКП в ПММ.

На рисунке 4 представлена зависимость рН молока от времени хранения при комнатной температуре. Здесь же, представлена первая производная по времени для зависимости кислотности молока от времени хранения.

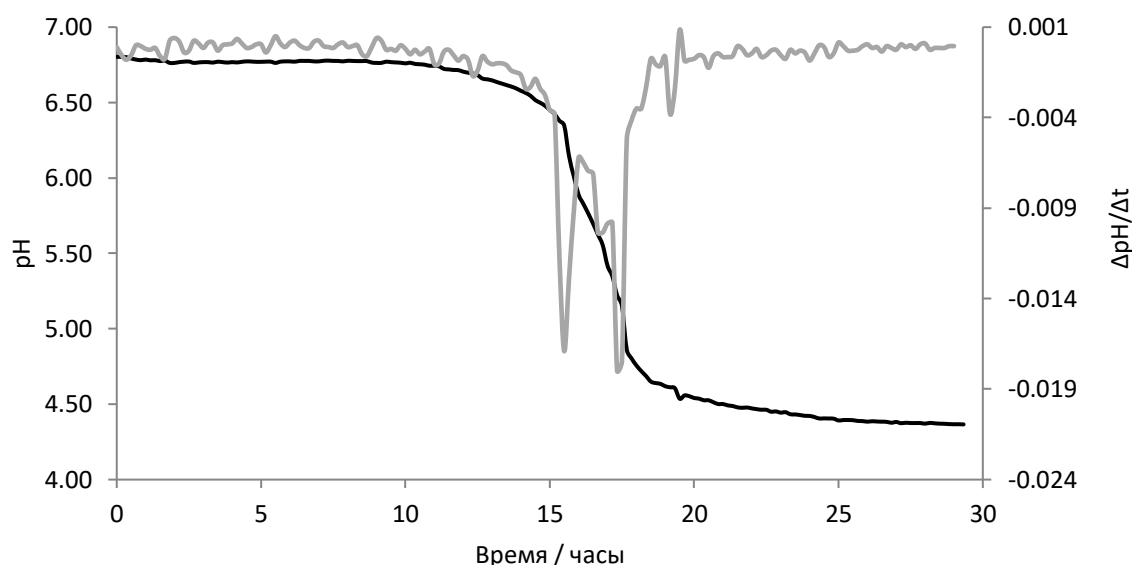


Рисунок 4 – Зависимость рН молока от времени хранения при комнатной температуре

Из экспериментальных данных можно констатировать, что рН свежего молока находится в диапазоне (6,7-6,9), что свидетельствует о слабокислой реакции молока. Значение кислотности молока оставалось практически постоянным в течение 13 часов после начала эксперимента. По истечении 13 часов, значение рН стало стремительно уменьшаться, что говорит о скисании молока, пока не достигло значения в среднем 4,5 – полностью испорченное, не пригодное к употреблению молоко. Согласно литературным данным, молоко является скисшим при значении рН = 6,5 [2]. Это обуславливает выбор БКП для изготовления колориметрического сенсора кислотности молока.

### 3.2 Влияние кислотности молока на цветометрические параметры колориметрического сенсора

На рисунке 5 представлены спектры поглощения колориметрического сенсора, после контакта с молоком при различном значении pH.

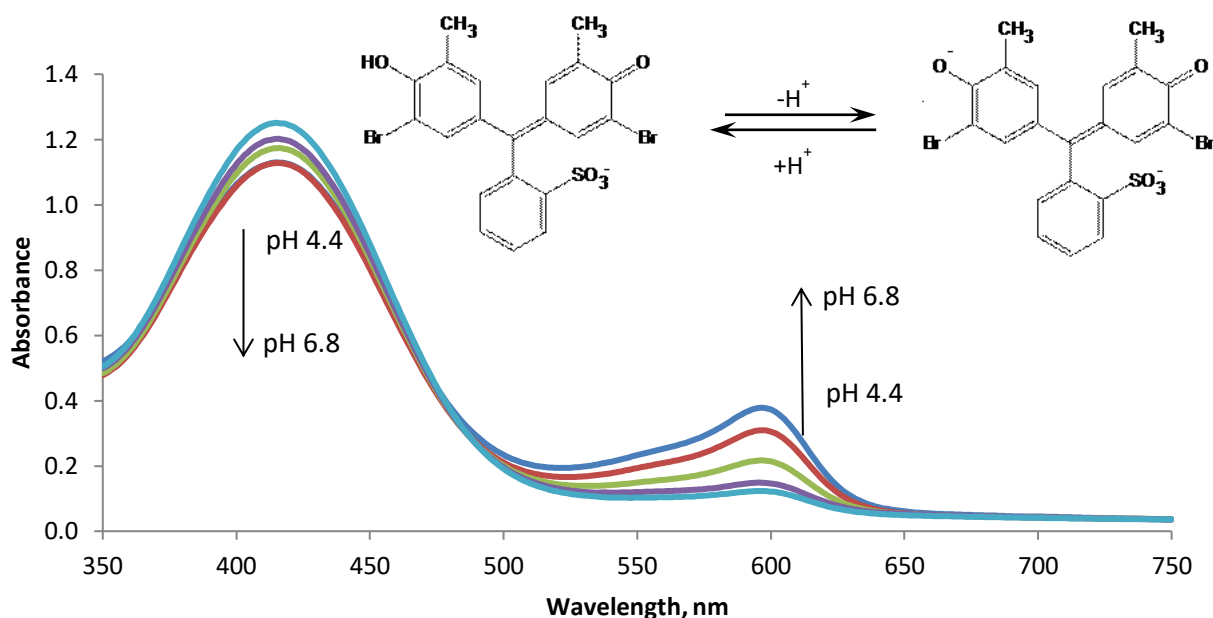


Рисунок 5 – Спектры поглощения колориметрического сенсора (KC2) после контакта с молоком при различных значениях pH

Видно, что изменение pH молока сопровождается изменением поглощения при 415 нм и 600 нм. Визуально, при этом, наблюдается изменение цвета колориметрического сенсора от зеленого до светло-желтого.

Откликом (аналитическим сигналом) колориметрическим сигналом является изменение цвета. Численно изменение цвета матриц можно выразить с помощью цветовых координат в соответствующем цветовом пространстве, а также с помощью цветовой разницы  $\Delta E$ . Цветовая разность, или цветовое расстояние (расстояние между цветами) – математическое представление, позволяющее численно выразить различие между двумя цветами в колориметрии.

Для извлечения количественной информации был применен алгоритм обработки изображения, реализованный в Vision Builder for automated inspection National instruments. Скриншоты каждого этапа работы алгоритма представлены на рисунках 6,7,8,9,10. Применение разработанного алгоритма позволяет получить цветометрические координаты в соответствующем цветовом пространстве 15 образцов колориметрических сенсоров менее чем за 3 секунды.



Рисунок 6 – Загрузка изображения в Vision Builder for automated inspection National instruments.

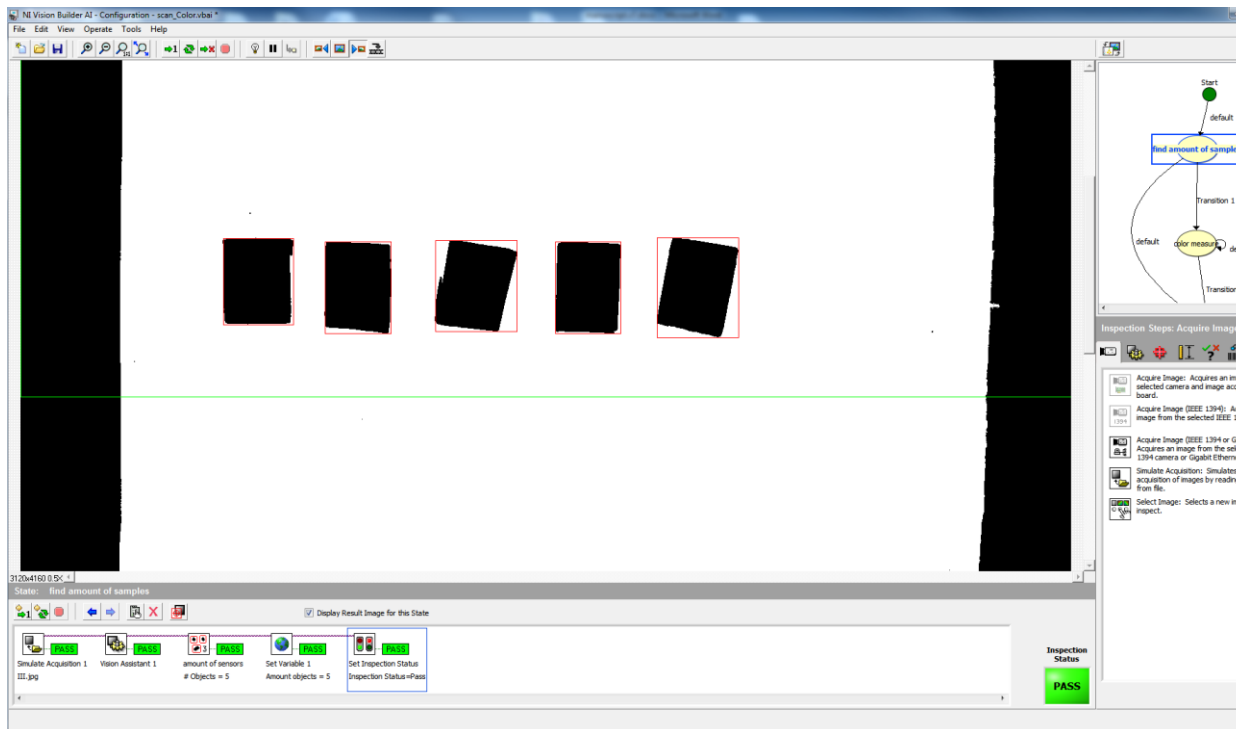


Рисунок 7 – Обнаружение объектов

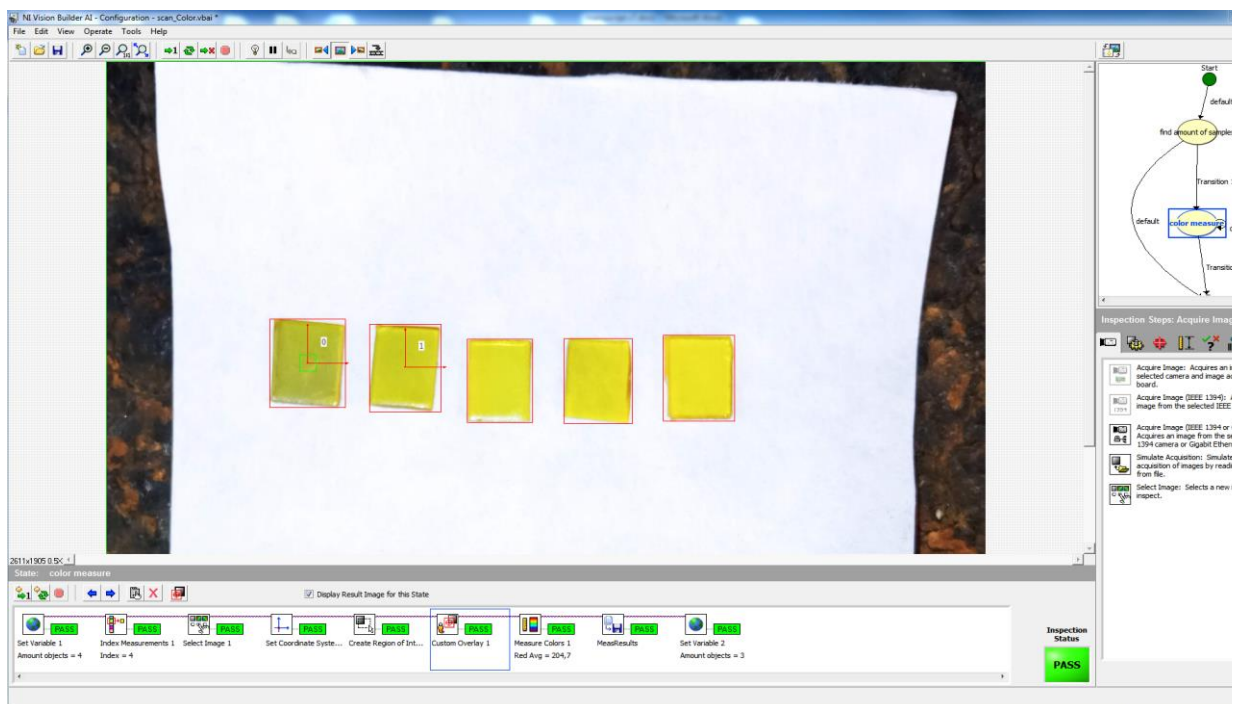


Рисунок 8 – Выбор области и считывание цветометрических параметров индикаторов

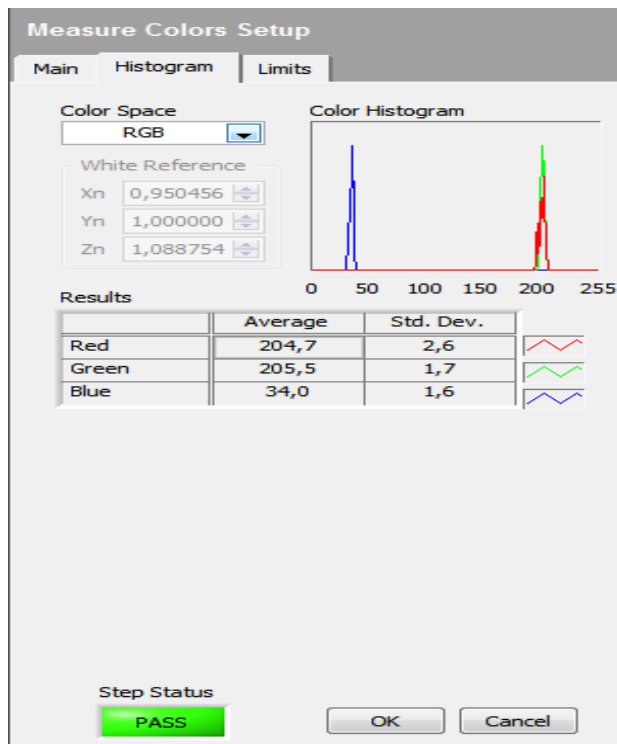


Рисунок 9 – Возможность выбора цветового пространства

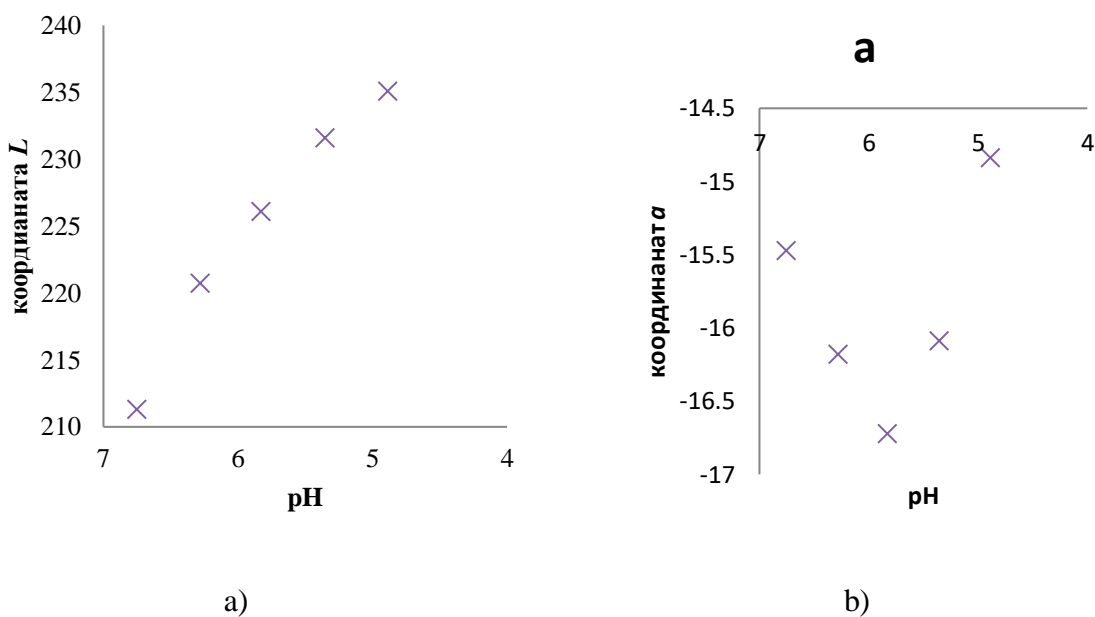
State Name	find amount of samples	color measure	color measure	color measure	color measure
Step Name	Simulate Acquisition 1	Index Measurements 1	Measure colors 1	Measure colors 1	Measure colors 1
Measure Colors 1					
Result Name	Current Image Name	Remaining objects	Red Avg	Green Avg	Blue Avg
Units					
Iteration	Date	Time	Time (milliseconds)	Status	
1	03.11.2021	10:33:14,657		Pass	IIa.jpg 0,00000 179,84480 184,97040 53,59520
1	03.11.2021	10:33:14,793		Pass	IIa.jpg 1,00000 204,67120 205,48320 33,98080
1	03.11.2021	10:33:14,895		Pass	IIa.jpg 2,00000 226,35201 225,87360 39,84000
1	03.11.2021	10:33:15,071		Pass	IIa.jpg 3,00000 225,60840 219,77521 34,69720
1	03.11.2021	10:33:15,177		Pass	IIa.jpg 4,00000 238,10361 228,11800 37,19640
1	03.11.2021	10:33:15,284		Pass	IIa.jpg 5,00000 0,00000 0,00000 0,00000
2	03.11.2021	10:33:16,520		Pass	I.jpg 0,00000 143,87720 149,80040 25,64520
2	03.11.2021	10:33:16,726		Pass	I.jpg 1,00000 157,58200 159,30280 27,56040
2	03.11.2021	10:33:16,890		Pass	I.jpg 2,00000 181,68280 184,83160 35,91960
2	03.11.2021	10:33:17,098		Pass	I.jpg 3,00000 185,62759 184,33000 29,62440
2	03.11.2021	10:33:17,290		Pass	I.jpg 4,00000 207,08960 195,28400 31,59200
2	03.11.2021	10:33:17,481		Pass	I.jpg 5,00000 0,00000 0,00000 0,00000
3	03.11.2021	10:33:18,634		Pass	III.jpg 0,00000 168,74960 171,83681 32,10000
3	03.11.2021	10:33:18,823		Pass	III.jpg 1,00000 198,64520 201,03160 36,07480
3	03.11.2021	10:33:19,022		Pass	III.jpg 2,00000 178,96240 190,98241 41,38000
3	03.11.2021	10:33:19,191		Pass	III.jpg 3,00000 232,64560 231,52879 40,78720
3	03.11.2021	10:33:19,402		Pass	III.jpg 4,00000 240,09360 231,09360 38,85280
3	03.11.2021	10:33:19,591		Pass	III.jpg 5,00000 0,00000 0,00000 0,00000
4	03.11.2021	10:33:20,285		Pass	IIa.jpg 0,00000 179,84480 184,97040 53,59520
4	03.11.2021	10:33:20,388		Pass	IIa.jpg 1,00000 204,67120 205,48320 33,98080
4	03.11.2021	10:33:20,505		Pass	IIa.jpg 2,00000 226,35201 225,87360 39,84000
4	03.11.2021	10:33:20,628		Pass	IIa.jpg 3,00000 225,60840 219,77521 34,69720
4	03.11.2021	10:33:20,728		Pass	IIa.jpg 4,00000 238,10361 228,11800 37,19640
4	03.11.2021	10:33:20,838		Pass	IIa.jpg 5,00000 0,00000 0,00000 0,00000
5	03.11.2021	10:33:22,066		Pass	I.jpg 0,00000 143,87720 149,80040 25,64520
5	03.11.2021	10:33:22,268		Pass	I.jpg 1,00000 157,58200 159,30280 27,56040
5	03.11.2021	10:33:22,478		Pass	I.jpg 2,00000 181,68280 184,83160 35,91960
5	03.11.2021	10:33:22,675		Pass	I.jpg 3,00000 185,62759 184,33000 29,62440
5	03.11.2021	10:33:22,866		Pass	I.jpg 4,00000 207,08960 195,28400 31,59200
5	03.11.2021	10:33:23,066		Pass	I.jpg 5,00000 0,00000 0,00000 0,00000
6	03.11.2021	10:33:24,221		Pass	III.jpg 0,00000 168,74960 171,83681 32,10000
6	03.11.2021	10:33:24,408		Pass	III.jpg 1,00000 198,64520 201,03160 36,07480
6	03.11.2021	10:33:24,601		Pass	III.jpg 2,00000 178,96240 190,98241 41,38000
6	03.11.2021	10:33:24,797		Pass	III.jpg 3,00000 232,64560 231,52879 40,78720
6	03.11.2021	10:33:24,981		Pass	III.jpg 4,00000 240,09360 231,09360 38,85280
6	03.11.2021	10:33:25,180		Pass	III.jpg 5,00000 0,00000 0,00000 0,00000
7	03.11.2021	10:33:25,850		Pass	IIa.jpg 0,00000 179,84480 184,97040 53,59520
7	03.11.2021	10:33:25,979		Pass	IIa.jpg 1,00000 204,67120 205,48320 33,98080
7	03.11.2021	10:33:26,099		Pass	IIa.jpg 2,00000 226,35201 225,87360 39,84000
7	03.11.2021	10:33:26,211		Pass	IIa.jpg 3,00000 225,60840 219,77521 34,69720
7	03.11.2021	10:33:26,333		Pass	IIa.jpg 4,00000 238,10361 228,11800 37,19640
7	03.11.2021	10:33:26,434		Pass	IIa.jpg 5,00000 0,00000 0,00000 0,00000
8	03.11.2021	10:33:27,682		Pass	I.jpg 0,00000 143,87720 149,80040 25,64520

Рисунок 10 – Результаты работы программы записанный в txt файл

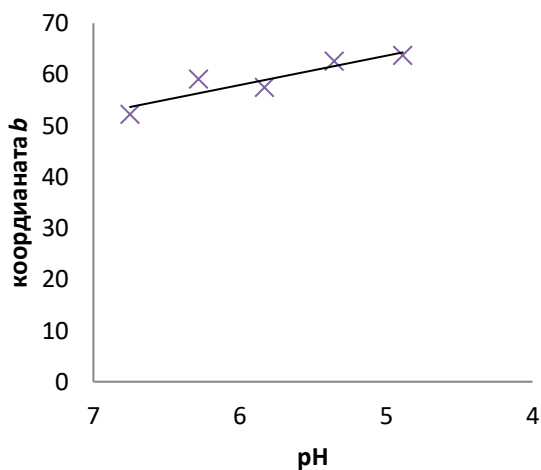
Применение работы алгоритма позволяет получить цветометрические координаты 15 образцов колориметрических сенсоров менее чем за 3 секунды.

На рисунке 11 (a,b,c,d) и рисунке 12 (a,b,c,d) представлены графические зависимости  $L$ ,  $a$ ,  $b$  – координат колориметрического сенсора КС1 от рН молока. Изменение кислотности молока сопровождается соответствующим изменением каждой координаты. Поэтому для установления влияния кислотности на аналитический сигнал был использован интегральный параметр – цветовая разница ( $\Delta E$ ), который учитывает влияние кислотности на каждую координату.

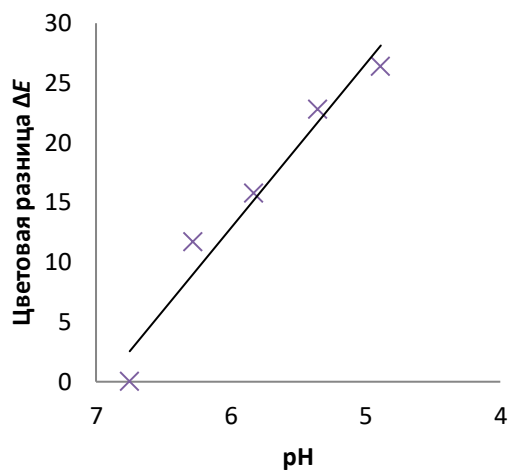
Влияние кислотности на  $R$ ,  $G$ ,  $B$  координаты и цветовое различие в RGB–цветовом пространстве имеет аналогичный вид и представлено на рисунке 11 (a,b,c,d) и рисунке 12 (a,b,c,d).



а) Зависимость координаты L от изменения рН; б) зависимость координаты а от изменения рН.



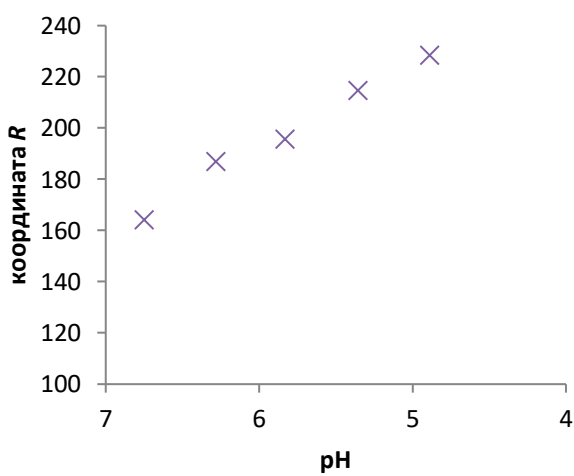
c)



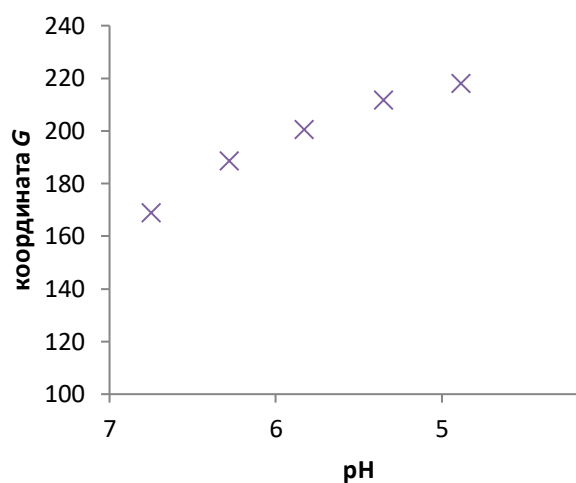
d)

с) Зависимость координаты *b* от изменения pH; d) цветовая разница  $\Delta E$  в зависимости от изменения pH.

Рисунок 12 – Зависимость цветометрических координат в *RGB* цветовом пространстве от кислотности молока

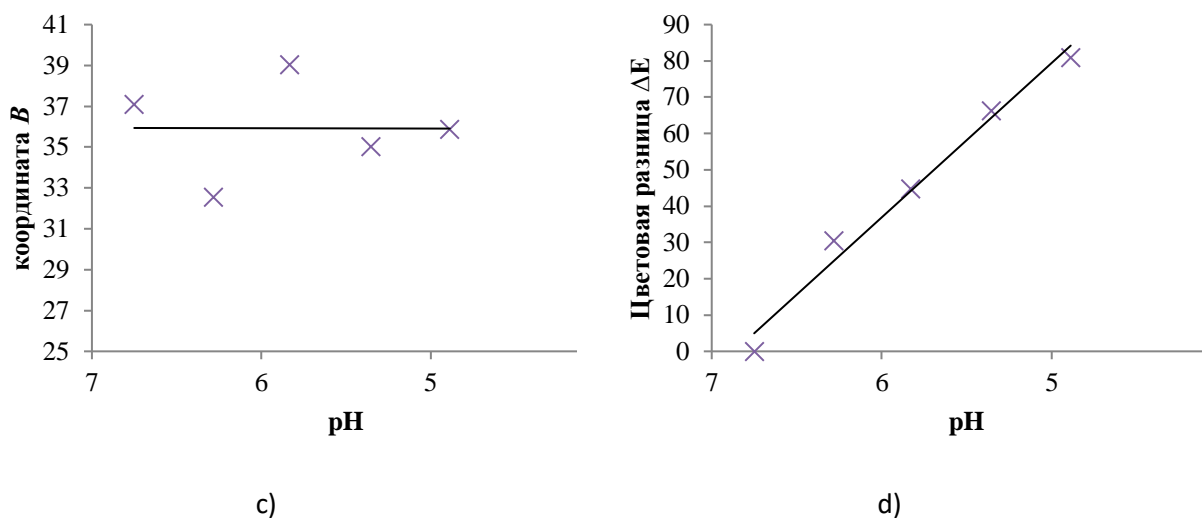


a)



b)

a) зависимость координаты *R* от изменения pH; b) зависимость координаты *G* от изменения pH.



с) Зависимость координаты B от изменения pH; d) цветовая разница ΔE в зависимости от изменения pH

Рисунок 12 – Зависимость цветометрических координат в *RGB* цветовом пространстве от кислотности молока

Изменение кислотности молока сопровождается соответствующим изменением каждой координаты в рассматриваемом цветовом пространстве. Поэтому для установления влияния кислотности на аналитический сигнал был использован интегральный параметр – цветовая разница ( $\Delta E$ ), который учитывает влияние кислотности на каждую координату.

### 3.3 Определение кислотности молока с помощью колориметрического сенсора при комнатной температуре

Для определения pH были использованы зависимости изменения  $\Delta E$  от pH, полученные при изучении влияния кислотности на цветометрические параметры колориметрического сенсора.

Результаты рассчитанных значений pH молока по цветовой разнице в цветовых пространствах *RGB* и *Lab* в сравнении с результатами потенциометрического определения pH представлены в таблице 4, там же

приведено значение относительной погрешности. Значение максимальной относительной погрешности выделено жирным шрифтом.

Таблица 4 – Значения рН молока измеренные потенциометрически в сравнении со значениями рН, рассчитанными по изменению цветовой разницы ( $n = 3, P = 0,95$ )

Потенциометрическое рН	Колориметрическое рН	
	<i>RGB</i> ( $\delta, \%$ )	<i>Lab</i> ( $\delta, \%$ )
6,75 ± 0,03	6,9 ± 0,0 (1,7)	6,9 ± 0,0 (1,7)
6,28 ± 0,01	6,1 ± 0,3 (2,7)	6,0 ± 0,5 (4,3)
5,83 ± 0,05	5,8 ± 0,5 (1,0)	5,7 ± 0,6 (2,3)
5,35 ± 0,06	5,3 ± 0,4 (1,4)	5,2 ± 0,3 (2,7)
4,89 ± 0,03	4,9 ± 0,2 (1,2)	5,0 ± 0,1 (1,6)

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, цифровой камеры или иных устройств, позволяющих фиксировать координаты в соответствующей цветовой модели.

### 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 таблице 5 приведены результаты оценки показателей точности, правильности, прецизионности определения рН на основе цветометрического

анализа изображения колориметрического сенсора в цветовых пространствах *RGB* и *Lab*.

Таблица 5 – результаты оценки показателей точности, правильности, прецизионности определения рН

Цветовое пространство	Прецизионность в условиях		Правильность	Точность
	повторяемости	воспроизводимости		
<i>RGB</i>	0.46	0,78	0,53	1,62
<i>Lab</i>	0.33	0.79	0,55	1,64

Экспериментальные данные, используемые для оценки показателей прецизионности, представлены в приложении в таблице 6

Таблица 6 – 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 ( $i = 1, \vec{N}$ )					
				<i>RGB</i>			<i>Lab</i>		
				1	2	3	1	2	3
1	6,89	0,02	1	6,866	6,866	6,866	6,935	6,935	6,935
			2	6,472	6,472	6,472	7,336	7,336	7,336
2	1		5.589	5.443	4.80	6.516	5.621	5.895	
	2		5.03	5.188	4.68	5.74	5.631	5.713	
3	5,87		1	5.994	6.494	6.149	5.608	5.177	6.295
			2	5.354	5.758	5.323	4.907	4.784	4.698
4	5,29		1	5.146	4.829	4.389	5.548	5.183	4.899
			2	6.426	5.394	5.114	4.721	4.26	3.883
5	4,74		1	5.735	5.323	4.132	5.081	4.975	4.838
			2	5.464	5.464	4.391	4.699	3.953	3.60

Показатель повторяемости предлагаемого способа  $\sigma_{r,m}$  не превышает 0,46 и 0,33 для RGB и Lab цветовых пространств, соответственно. Показатель воспроизводимости  $\sigma_{R,m}$  не превышает 0,79 и 0,78 для RGB и Lab цветовых пространств, соответственно.

Результаты анализа рабочих проб, полученные по исследуемой методике и методике сравнения, для вычисления показателя правильности методики приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты анализа рабочих проб, полученные по исследуемой методике и методике сравнения

Номер поддиапазона $m$	Цветовое пространство	Результаты анализа по исследуемой методике $x_l$	Результаты анализа по методике сравнения $x^c_l$	$\theta_l$
1	<i>Lab</i>	7,35	6.89	0,46
	<i>RGB</i>	6,25		-0,64
2	<i>Lab</i>	5,92	6.47	-0,55
	<i>RGB</i>	5,81		-0,66
3	<i>Lab</i>	5,35	5.87	-0,52
	<i>RGB</i>	5,56		-0,31
4	<i>Lab</i>	4,94	5.29	-0,35
	<i>RGB</i>	6,3		1,01
5	<i>Lab</i>	4,77	4.74	0,03
	<i>RGB</i>	5,194		0,45

Показатель правильности по Lab  $\Delta_c = \pm 0,55$ . Показатель точности  $\Delta_{\delta c} = \pm 1,64$ .

Показатель правильности по RGB  $\Delta_c = \pm 0,53$ . Показатель точности  $\Delta_{\delta c} = \pm 1,62$ .

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

## 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 8

Таблица 8 – 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 9. В таблице представлены следующие конкурентные товары: индикаторы, иммобилизованные в полиметакрилатную матрицу (Ф), индикаторы, иммобилизованные в золь-гель (К1), индикаторы, иммобилизованные в оптическую пленку (К2). Разберем более подробно факторы определяющие оценку ресурсоэффективности:

- удобство в эксплуатации представляет собой способность продукта быть понимаемым, изучаемым, используемым и привлекательным для пользователя в заданных условиях;

- температурная устойчивость – свойство материалов противостоять, не разрушаясь, напряжениям, вызванным изменением температуры;

- надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных условиях

применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования;

- безопасность – свойство, обеспечивающее безопасное для жизни, здоровья или имущества граждан использование приобретенной продукции или ее хранение в течение установленного срока годности;
- простота эксплуатации – способность продукта быть легко осваиваемым и в процессе эксплуатации не требующий дополнительных знаний и умений.

Целесообразно проводить данный анализ с помощью оценочной карты, приведенной в таблице 9.

Таблица 9 – Оценочная карта факторов определяющих технические критерии оценки ресурсоэффективности.

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Бф	Бк1	Бк2	Кф	Кк1	Кк2
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
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.

Исходя из данных таблицы 9 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.

Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Предприятия-производители пастеризованного молока	Снижение затрат на контроль качества молока

Информация по заинтересованным сторонам проекта представлена в таблице 10.

Таблица 10 – 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 11 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей.

Таблица 11 – Цели и результат проекта

Цели проекта	Разработка способа визуального мониторинга кислотности молока с целью оценки его качества
Ожидаемы 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

В таблице 12 представлена организационная структура проекта.

Таблица 12 – 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	Баховка С.В, студент гр. 8ГМ91, 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 13.

Таблица 13 – 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	Инженера
	3	Изучение литературы и выбор методов решения проблемы	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Изучение теоретического материала по выбранному направлению	Инженер
	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер
	6	Построение моделей и проведение эксперимента	Научный руководитель, студент
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
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 (5):

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

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.; работы в рабочих днях  $T_p$ ;

$t_{maxi}$  – максимально возможная учитывающая несколькими трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой исполнителями. Такое вычисление работы (пессимистическая оценка в необходимости для обоснованного предположения наиболее благоприятного стечения обстоятельств).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, по формуле определяется продолжительность каждой:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (6)$$

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

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

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

### 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 (7):

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (7)$$

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

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

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

Коэффициент календарности рассчитывается по формуле (8):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (8)$$

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.

$$K = \frac{366}{366 - 166 - 12} = 1,5378$$

Таблица 14 – Временные показатели проведения НИР

Эта	Исполнители	t <sub>min</sub> , чел-дни	t <sub>max</sub> , чел-дни	t <sub>ож</sub> , чел-дни	Длительность работ в рабочих днях $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях $T_{ki}$
1	руководитель	1	3	1,8	1,8	3
2	инженер	6	10	7,6	7,6	11
3	руководитель	2	6	3,6	1,8	3
	инженер	5	9	6,6	3,3	5
4	руководитель	3	6	4,2	2,1	3
	инженер	5	15	9	4,5	7
5	инженер	15	25	19	19	28
6	инженер	12	22	16	16	24
7	руководитель	5	7	5,8	2,9	4
	инженер	10	19	13,6	6,8	10
8	инженер	2	13	6,4	6,4	10
9	руководитель	1	3	1,6	0,8	1
	инженер	6	18	10,8	5,4	8
Итого		руководитель			9,4	14
		инженер			69	103

На основе таблицы 14 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.

#### **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 15.

Таблица 15 – 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 (9)), непосредственно занятых выполнением НИИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (9)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле (10):

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (10)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (11):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (11)$$

где  $Z_m$  – 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);

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонал, раб. дн..

Баланс рабочего времени представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней -выходные, праздничные дни	74	122
Потери рабочего времени -отпуск	48	40
-невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	291	203

Месячный должностной оклад работника вычисляется по формуле (12):

$$Z_M = Z_{TC} \cdot k_p, \quad (12)$$

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

$k_p$  – 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 инженера – 12238,0 руб.

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Расчет основной заработной платы

Исполнитель	Оклад,руб.	Средняя заработная плата, руб./дн.(с учетомРК)	Трудоемкость,	Основная заработная плата,руб.
			раб. дн.	
Руководитель	33664,0	2720,0	9,4	25568,0
Инженер	12238,0	626,92	69	45327,48
Итого				70895,48

#### 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 (13):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} Z_{\text{осн}}, \quad (13)$$

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 18.

Таблица 18– Расчет дополнительной заработной платы

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Коэффициент дополнительной заработной платы	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	25568,0	0,15	3835,2
Инженер	45327,48		6799,12
Итого			10634,32

#### 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 14):

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (14)$$

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 19.

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	25568,0	3835,2
Инженер	45327,48	6799,12
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого		
24458,8		

#### 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:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (15)$$

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

$$Z_{\text{накл}} = (23500 + 70895,48 + 10634,32 + 24458,8) \cdot 0,16 = 20713,37 \text{ руб.}$$

#### 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 19

Таблица 19 – 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 (16):

$$r_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (16)$$

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

$\Phi_{pi}$  – 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.

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}1} = 100/450 = 0,222.$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}2} = 300/450 = 0,667.$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп}3} = 450/450 = 1.$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в разгах, либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в разгах. Получаем, что на нашу разработку необходимо меньше затрат, чем на ее аналоги.

В таблице 19 приведена сравнительная оценка характеристик аналогов модуля, где 5 – полностью соответствует критерию, 1 – не соответствует.

Таблица 19 – 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			

$$I_{\Phi} = 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,3 \cdot 5 + 0,4 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 = 5; I_{K1} = 3,6;$$

$$I_{K2} = 4,1.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ( $I_{исп.i}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле (17):

$$I_{исп.1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{финр.1}}; \quad I_{исп.2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{финр.2}}; \quad (17)$$

$$I_{исп1} = 5/0,222 = 22,52$$

$$I_{исп2} = 3,6/0,667 = 5,40$$

$$I_{исп3} = 4,1/1 = 4,1$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{ср}$ ) вычисляется по формуле (18):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (18)$$

Таблица 20 – Сравнительная эффективность проекта

№ п/п	Показатели	Ф	K1	K2
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**

В разделе «Социальная ответственность» рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места и условий в которых будет реализовываться проведение опыта с использованием оптического индикатора свежести молочной продукции. Индикатор представляет собой кислотно-основной индикатор, иммобилизованный в полиметакрилатную матрицу.

Объект исследования позволит с максимальной точностью определять свежесть исследуемой молочной продукции.

Рабочим местом для разработки проведения опыта является учебная аудитория, которая находится в корпусе №10 Томского политехнического университета, рабочей зоной является стол с персональным компьютером.

В данном разделе указаны такие вредные факторы, оказывающие негативное влияние на организм человека, как повышенный уровень электромагнитных излучений, повышенный уровень шума на рабочем месте, умственное перенапряжение, недостаточная освещённость рабочей зоны, статические физические перегрузки. А так же рассмотрены такие опасные факторы как электрический ток, короткое замыкание и статическое электричество. Так же указан характер вредного воздействия данных факторов на организм и последствия их длительного или чрезмерного воздействия.

Так же были рассмотрены предполагаемые ЧС: пожары, грозы, ураганы, оползни. В данном разделе рассмотрим наиболее вероятное ЧС – пожары, и способы их устранения.

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

### **5.1.1 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 от 680 до 800 мм [27].

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 от 400 до 550 мм и углов наклона вперед до 15°, и назад до 5°;
- высоту опорной поверхности спинки от 300 до 20 мм, ширину – не менее 380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости – 400 мм [28].

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии от 100 до 300 мм от края, обращенного к пользователю или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы [28].

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии от 600 до 700 мм, но не ближе 500 мм [28].

Высота рабочего стола 700 мм, ширина и глубина поверхности сиденья от 550 до 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 [29].

Рабочее место соответствует нормам, установленным в [30], кроме расстояния от глаз до экрана монитора. Необходимо поставить его дальше от пользователя, на расстояние минимум 500 мм.

## **5.1.2 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]

## **5.2 Производственная безопасность**

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

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

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.

### **5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов, могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований**

Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды, согласно [32] представлен в таблице 21.

Таблица 21 – Перечень опасных и вредных факторов

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
подготовка оборудования к работе;	недостаточная освещённость рабочей зоны	опасность поражения электрическим током	ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования. Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 №123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности ГОСТ 12.03.003–2015 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. СанПиН 1.2.3685–21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания
установка оптического индикатора ячейку спектрофотометра;	повышенный уровень электромагнитных, ионизирующих излучений;	статическое электричество	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля» ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования

Продолжение таблицы 21

запуск анализа индикатора	повышенная или пониженная влажность воздуха;	статическое электричество	СанПиН 2.2.4.548–96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ Электробезопасность ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление
получение данных персональном компьютере персональном персональном и обработка	-нервно-психические перегрузки	короткое замыкание.	ГОСТ 12.1.003–2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности ГОСТ 12.2.032–78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 4. Требования к клавиатуре ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках.

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

#### 5.2.3.1 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 [33].

Расчетная высота подвеса светильников над рабочей поверхностью ( $h$ ) вычисляется по формуле (19).

$$h = H - h_p - h_c, \quad (19)$$

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)

$$\Phi = \frac{E \cdot S \cdot k \cdot z}{n \cdot \eta}; \quad (19)$$

$S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$k_z$  – 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 (21):

$$i = \frac{S}{h(A+B)}; \quad (21)$$

где  $S$  – площадь помещения, м<sup>2</sup>;

$A$  – длина комнаты, м;

$B$  – ширина комнаты, м;

$h$  – высота подвеса светильников, м.

$$i = 21,9 / (3,29 * (20 + 6)) = 0,256.$$

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:

$$L = \lambda \cdot H = 1,1 \cdot 3,29 = 3,63 \text{ м.} \quad (22)$$

Расстояние от крайних светильников до стены:

$$I = L/3 = 3,63/3 = 1,21 \text{ м.} \quad (22)$$

В ряду можно установить 11 светильников типа ШОД (с длиной 1,228м), 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 14.

Из формулы (22) выражена освещенность  $E$ :

$$E = \frac{\Phi \cdot n \cdot \eta}{S \cdot z \cdot k};$$

Подставляя известные теперь значения в формулу:

$$E = \frac{1150 \cdot 66 \cdot 0,45}{21,9 \cdot 1,1 \cdot 1,5} = 946 \text{ лк} \quad (23)$$

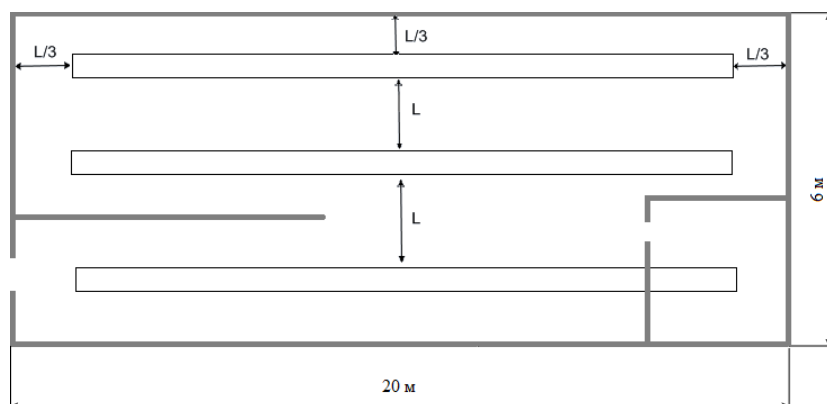


Рисунок 14 – План расположения светильников в помещении

Поскольку минимальная освещенность при использовании компьютера в сочетании с работой высокой точности, согласно [33], составляет 300 лк, следовательно, данная система освещения обеспечивает нормативное значение освещенности на рабочем месте.

### **5.2.3.2 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 [34].

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

### **5.2.3.3 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 [34].

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

#### 5.2.3.4 Отклонения показателей микроклимата

Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений устанавливаются СанПиН 2.2.4.548-96 [35]. 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 2.2.4.548-96 [35] приведены в таблицах 22 и 23 соответственно.

Таблица 22 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

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 23 – Оптимальные и допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С		Скорость движения воздуха, м/с			
		Диапазон ниже оптимальных	Диапазон выше оптимальных	Температура поверхности, °С	Относительная влажность воздуха, %	Диапазон оптимальных температур ниже	Диапазон оптимальных температур выше
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

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 от 23 до 28 °С, зимой – от 20 до 23 °С. Параметры микроклимата на рабочем месте соответствуют допустимым требованиям.

### **5.2.3.5 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 [36].

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 [37].

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 [38]. 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 [39,40].

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

#### **5.3.1.1 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.

#### **5.3.1.2 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 [41].

### **5.3.1.3 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 [42].

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 [43].

## **5.4 Экологическая безопасность**

Охрана окружающей среды - комплекс мер, предназначенных для ограничения отрицательного влияния деятельности человека на окружающую среду.

Полиметакрилатная матрица имеет маленький размер, ввиду чего не представляет опасности и является экологически безопасным объектом, однако в больших количествах данная матрица может привести к катастрофе, так как утилизация полимерных материалов дорогостоящая и времязатратная процедура.

### **5.4.1 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 образуются в результате смывания дождевой и талой водой примесей, скапливающихся на крыше и стенах здания. В организации

расход поверхностных сточных вод соответствует нормам. Основной вид мусора – это отходы печати, бытовой мусор (в т. ч. люминисцентные лампы), неисправное электрооборудование, коробки от техники, использованная бумага [44,45].

#### **5.4.2 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 от 100 до 270 атм и при температурном режиме от 200 до 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».

## **5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Данное помещение по пожарной безопасности относится к категории пониженная пожароопасность (В) [46]. По степени огнестойкости данное помещение относится к 3-й степени огнестойкости [47]. Возможные причины пожара: перегрузка в электросети, короткое замыкание, разрушение изоляции проводников.

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 № 10 ТПУ, в котором располагается лаборатория, соответствует требованиям пожарной безопасности [48].

На рисунке 15 представлен план эвакуации людей при пожаре и других ЧС для 10 корпуса (2 этаж) ТПУ.



Рисунок 15 – План эвакуации людей при пожаре и других ЧС

## 5.6 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 выполнения магистерской диссертации предложен способ определения кислотности пастеризованного молока с использованием колориметрического сенсора и цветометрического анализа.

В выпускной квалификационной работе:

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

- разработан колориметрический сенсор на основе полиметакрилатной матрицы с иммобилизованным бромокрезоловым пурпурным и предложен способ определения кислотности пастеризованного упакованного молока с его помощью;

- рассмотрены два цветовых пространства (*RGB* и *CIE Lab*) для проведения цветометрического анализа. В исследованных условиях, выбор цветового пространства для цветометрического анализа значимого влияния на метрологические характеристики не оказывает.

- проведена оценка показателей качества предложенного способа в соответствии с РМГ 61 показатель повторяемости предлагаемого способа  $\sigma_{r,m}$  не превышает 0,46, показатель воспроизводимости  $\sigma_{R,m}$  не превышает 0,79, показатель правильности  $\Delta_{c,m} = \pm 0,55$ , показатель точности  $\Delta_m = \pm 1,64$ .

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

## Список использованных источников

1. ГОСТ 31450-2013 Молоко питьевое. Технические условия [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200103303/> - Загл. с экрана.
2. 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.
3. ГОСТ Р 54669-2011 Молоко и продукты переработки молока. Методы определения кислотности. [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200089267/> - Загл. с экрана.
4. ГОСТ 32892-2014 Молоко и молочная продукция. Метод измерения активной кислотности.
5. Wencel, D.; Abel, T.; McDonagh, C. Optical Chemical pH Sensors (Review). *Anal. Chem.* 2014, 86, 15–29.
6. Steinegger, A.; Wolfbeis, O.S.; Borisov, S.M. Optical Sensing and Imaging of pH Values: Spectroscopies, Materials, and Applications. *Chem. Rev.* 2020, 120, 12357–12489, doi:10.1021/acs.chemrev.0c00451.
7. Zaragozá, P.; Fuentes, A.; Fernández-Segovia, I.; Vivancos, J.-L.; Rizo, A.; Ros-Lis, J.V.; Barat, J.M.; Martínez-Máñez, R. Evaluation of sea bream (*Sparus aurata*) shelf life using an optoelectronic nose. *Food Chem.* 2013, 138, 1374–1380, doi:10.1016/j.foodchem.2012.10.114.
8. Morsy, M.K.; Zór, K.; Kostesha, N.; Alstrøm, T.S.; Heiskanen, A.; El-Tanahi, H.; Sharoba, A.; Papkovsky, D.; Larsen, J.; Khalaf, H.; et al. Development and validation of a colorimetric sensor array for fish spoilage monitoring. *Food Control* 2016, 60, 346–352, doi:10.1016/j.foodcont.2015.07.038.
9. Zhang, X.; Lu, S.; Chen, X. A visual pH sensing film using natural dyes from *Bauhinia blakeana* Dunn. *Sens. Actuators B Chem.* 2014, 198, 268–273, doi:10.1016/j.snb.2014.02.094.

10. Byrne, L.; Lau, K.T.; Diamond, D. Monitoring of headspace total volatile basic nitrogen from selected fish species using reflectance spectroscopic measurements of pH sensitive films. *Analyst* 2002, 127, 1338–1341, doi:10.1039/b206149j.
11. Kuswandi, B.; Jayus, J.; Restyana, A.; Abdullah, A.; Heng, L.Y.; Ahmad, M. A novel colorimetric food package label for fish spoilage based on polyaniline film. *Food Control* 2012, 25, 184–189, doi:10.1016/j.foodcont.2011.10.008.
12. Huang, X.; Xin, J.; Zhao, J. A novel technique for rapid evaluation of fish freshness using colorimetric sensor array. *J. Food Eng.* 2011, 105, 632–637, doi:10.1016/j.jfoodeng.2011.03.034.
13. Lee, K.; Park, H.; Baek, S.; Han, S.; Kim, D.; Chung, S.; Yoon, J.-Y.; Seo, J. Colorimetric array freshness indicator and digital color processing for monitoring the freshness of packaged chicken breast. *Food Packag. Shelf Life* 2019, 22, 100408, doi:10.1016/j.fpsl.2019.100408.
14. Rukchon, C.; Nopwinyuwong, A.; Trevanich, S.; Jinkarn, T.; Suppakul, P. Development of a food spoilage indicator for monitoring freshness of skinless chicken breast. *Talanta* 2014, 130, 547–554, doi:10.1016/j.talanta.2014.07.048.
15. Salinas, Y.; Ros-Lis, J.V.; Vivancos, J.-L.; Martínez-Máñez, R.; Marcos, M.D.; Aucejo, S.; Herranz, N.; Lorente, I.; Garcia, E. A novel colorimetric sensor array for monitoring fresh pork sausages spoilage. *Food Control* 2014, 35, 166–176, doi:10.1016/j.foodcont.2013.06.043.
16. Genovese, M.E.; Abraham, S.; Caputo, G.; Nanni, G.; Kumaran, S.K.; Montemagno, C.D.; Athanassiou, A.; Fragouli, D. Photochromic Paper Indicators for Acidic Food Spoilage Detection. *ACS Omega* 2018, 3, 13484–13493, doi:10.1021/acsomega.8b02570.

17. Ma, Q.; Wang, L. Preparation of a visual pH-sensing film based on tara gum incorporating cellulose and extracts from grape skins. *Sens. Actuators B Chem.* 2016, 235, 401–407, doi:10.1016/j.snb.2016.05.107.
18. Goodarzi, M.M.; Moradi, M.; Tajik, H.; Forough, M.; Ezati, P.; Kuswandi, B. Development of an easy-to-use colorimetric pH label with starch and carrot anthocyanins for milk shelf life assessment. *Int. J. Biol. Macromol.* 2020, 153, 240–247, doi:10.1016/j.ijbiomac.2020.03.014.
19. Lakade, A.J.; Sundar, K.; Shetty, P.H. Nanomaterial-based sensor for the detection of milk spoilage. *LWT Food Sci. Technol.* 2017, 75, 702–709, doi:10.1016/j.lwt.2016.10.031.
20. Weston, M.; Phan, M.A.T.; Arcot, J.; Chandrawati, R. Anthocyanin-based sensors derived from food waste as an active use-by date indicator for milk. *Food Chem.* 2020, 326, 127017, doi:10.1016/j.foodchem.2020.127017.
21. Pirsá, S.; Zandi, M.; Almasi, H. Determination of Quality and Spoilage of Milk by Synthesized Polypyrrole-Ag Nanocomposite Fiber at Room Temperature. *J. Food Process. Eng.* 2015, 39, 266–272, doi:10.1111/jfpe.12219.
22. Nopwinyuwong, A.; Trevanich, S.; Suppakul, P. Development of a novel colorimetric indicator label for monitoring freshness of intermediate-moisture dessert spoilage. *Talanta* 2010, 81, 1126–1132, doi:10.1016/j.talanta.2010.02.008.
23. Lu, M.; Shiau, Y.; Wong, J.; Lin, R.; Kravis, H.; Blackmon, T.; Pakzad, T.; Jen, T.; Cheng, A.; Chang, J.; et al. Milk Spoilage: Methods and Practices of Detecting Milk Quality. *Food Nutr. Sci.* 2013, 4, 113–123, doi:10.4236/fns.2013.47a014.
24. N.A. Gavrilenko, N.V. Saranchina Determination of palladium using dithizone immobilized in a polymethacrylate matrix // *Carbohydrate Polymers.* – 2012. – Volume 157, pages 44-48.
25. Bishop, E. *Indicators*; Pergamon Press: New York, NY, USA, 1972.

26. Gavrilenko, N.A.; Saranchina, N.V.; Sukhanov, A.; Fedan, D.A. Reversible pH-sensitive element based on bromocresol purple immobilized into the polymethacrylate matrix. *Mendeleev Commun.* 2018, 28, 450–452, doi:10.1016/j.mencom.2018.07.038.

27. ГОСТ 12.2.032-78. Система стандартов безопасности труда. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> - Загл. с экрана.

28. ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_79762/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_79762/) Загл. с экрана.

29. ГОСТ 12.4.011–89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200000277> - Загл. с экрана.

30. ГОСТ 12.2.032–78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200003913> - 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.

32. ГОСТ 12.03.003–2015 ССБТ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация [Электронный ресурс]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136071> - Загл. с экрана.

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

34. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению

контроля» [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200272> - Загл. с экрана.

35. 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.

36. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> - Загл. с экрана.

37. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200289> - Загл. с экрана.

38. ГОСТ Р ИСО 9241-4-2009. Эргономические требования к проведению офисных работ с использованием видеодисплейных терминалов (VDT). Часть 4. Требования к клавиатуре [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200076334> - Загл. с экрана.

39. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200118606> - Загл. с экрана.

40. ГОСТ 12.1.003-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/5200291> - Загл. с экрана.

41. ГОСТ 26522-85 Короткие замыкания в электроустановках [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200011405> - Загл. с экрана.

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

43. ГОСТ Р 12.1.019-2017 ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> - Загл. с экрана

44. ГОСТ 12.3.031-83 «Работы со ртутью. Требования безопасности» (так как утилизируются люминисцентные лампы) [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200008484> - Загл. с экрана.

45. ГОСТ 17.4.3.04-85 Охрана природы (ССОП). Почвы. Общие требования к контролю и охране от загрязнения [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200020658> - Загл. с экрана.

46. 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.

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

48. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования [Электронный ресурс]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/9051953>

49. 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.

50. 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.

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

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

## Приложение А

(справочное)

### Milk quality assessment ways

Студент:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8ГМ91	Баховка Светлана Васильевна		

Руководитель ВКР:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОАР ИШИТР	Суханов Алексей Викторович	к.х.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков ШБИП:

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Старший преподаватель ОИЯ ШБИП	Маркова Наталия Александровна			

## **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, and 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 [49].

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 [50].

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 [49].

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.

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. 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 is 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 [51].

## **1.2 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 [50]. 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. 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, and then it becomes colorless because of carbon dioxide allocated by bacteria.

The authors 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 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. 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. An anthocyanin received from a red cabbage was used in. 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. The indicator was immobilized in films based on a potato starch and polyvinyl alcohol (with addition of a limonene).

The main advantage of 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 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.

### **1.3 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 are 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 [52].

As can be seen from the composition, the milky environment contains various types of bacteria. In their normal form, they are not dangerous to the body, but over time (especially under the influence of accelerating factors) they begin to multiply, transforming lactose into lactic acid. As a result, acidity rises, which in turn contributes to protein folding and "separation" of the liquid into whey and thick mass.

The following things affect the rate of souring of milk:

- temperature: the higher it is, the more the milk turns sour.
- dirty dishes: water, grease, dust and other contaminants speed up the fermentation procedure by 2 times.
- weather: if you put a jug of milk on the window during a thunderstorm, then in the morning it will turn into homemade yogurt. Scientists cannot give exact explanations for this process, but many are inclined to think that this is how electromagnetic impulses work.

Specific bacteria (artificial substances that are added to milk in the manufacture of fermented milk products). These include: kefir fungi (kefir), milk yeast (yoghurts), propionic acid bacteria (cottage cheese), lactic acid sticks (fermented baked milk).

In sour milk, bacteria, which are in the form of sticks, are mainly responsible for the fermentation processes. Elie Mechnikov called these bacteria "Bulgarian bacillus".

Sour milk is just as beneficial. It turns out that not only beneficial microbes live in the human intestines, but also putrefactive ones are those that decompose protein. But in the process of protein decomposition, harmful substances are released into the body, which can even become toxic to humans. These substances cause gradual poisoning. And if the body does not work "like a clock", the process of premature aging begins. It is with these bacteria that the lactic acid bacterium "Bulgarian bacillus" is designed to fight. It forms lactic acid, which kills putrefactive bacteria.

Sour milk has another important advantage: it is very easy to digest and is able to regulate digestion processes. By the way, more recently, American microbiologists discovered a bacterium called *Chryseobacterium oranimense*. This bacterium can multiply even at very low temperatures and at the same time release substances that are responsible for sour milk. True, sour milk, which is obtained as a result of the action of this bacterium, will not be considered healthy, but spoiled.

## Приложение В

(обязательное)

### Сведения об оценках показателей качества

Номер ОО, m	Число серий L	Число результатов единичного анализа N	Принятое опорное значение C <sub>m</sub>	Среднее арифметическое значение результатов анализа X <sub>m</sub>		Оценка СКО повторяемости σ <sub>r,m</sub>		Оценка СКО воспроизводимости σ <sub>R,m</sub>		Метод оценки показателя правильности	Оценка показателя правильности Δ <sub>c, m</sub>		Оценка показателя точности Δ <sub>m</sub>	
				RGB	Lab	RGB	Lab	RGB	Lab		RGB	Lab	RGB	Lab
1	2	3	6.89	6.49	6.94	0.18	0.00	0.75	0.53	Метод оценки показателей качества методики анализа с применением методики с известными (оцененными) значениями показателя точности (методики сравнения)	0,49	0,38	1,55	1,11
2	2	3	6.47	6.23	6.04	0.24	0.31	0.47	0.45		0,20	0,18	0,94	0,89
3	2	3	5.87	5.85	5.63	0.20	0.33	0.78	0.70		0,53	0,09	1,62	1,37
4	2	3	5.29	5.22	5.27	0.46	0.31	0.78	0.76		0,53	0,09	1,61	1,49
5	2	3	4.74	5.08	4.52	0.36	0.33	0.44	0.79		0,17	0,55	0,87	1,64

