



МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –
МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА
(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Технологический факультет
Кафедра управления качеством и товароведение продукции

АВТОРЕФЕРАТ

магистерской диссертации

**Управление технологическими рисками на производстве
питьевого молока с применением ультразвуковой обработки**

**по направлению 19.04.03 - технология продуктов питания животного
происхождения**

Научный руководитель:

Д.т.н. Дунченко Н.И.

Исполнитель:

Студент 222 группы, Сарбашев К.А.

Москва – 2018

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

Молочные продукты, а в частности молоко питьевое, являются важнейшим компонентом полноценного рациона питания населения. Питьевое молоко - источник минеральных элементов, имеет выраженное общеукрепляющее воздействие на организм взрослого человека и является необходимым продуктом для организма ребенка.

Конкуренция молока обуславливается тремя составляющими – сроком хранения, функциональными свойствами и вкусовыми характеристиками.

Традиционный способ обработки молока - тепловая обработка обладает определенными недостатками. Это либо довольно малый срок хранения в случае низкотемпературной обработки, либо частичная потеря функциональных, питательных и вкусовых свойств при высокотемпературной обработке, обеспечивающей длительный срок хранения.

Поэтому задача технологических разработок в области обработки молока сводится к поиску технологии обеспечивающей мягкий, но при этом эффективный режим обработки

Новым перспективным направлением в технологии обработки молока является ультразвуковая обработка молока или «озвучивание» молока. «Озвучивание» сырого молока способно оказывать существенное влияние на микробиологию и структурные свойства молока. При этом такая технология предполагает низкую стоимость реализации, что может повысить экономическую эффективность производства молочных продуктов как бизнес-процесса.

Применение ультразвука в молочной промышленности - пока только исследуемая тематика. Важнейшим этапом разработки любой

новой технологии является создание принципов управления качеством протекания процессов в данной технологии, путем формирования теоретических представлений о процессе, определении критических контрольных точек, обозначении пределов.

С учетом всего вышеизложенного, направление исследований данной работы является актуальной.

Цели и задачи исследования

Целью настоящей работы является формирование концепции управления рисками при производстве молока с использованием ультразвуковой обработки.

Для выполнения поставленной цели решались следующие задачи:

- Оптимизировать методы определения интегральных параметров качества молока.
- Сформировать исходные требования на разработку опытной информационно-измерительной системы мониторинга ультразвуковой обработки молока (ИИС УЗОМ), выполнить натурный образец и произвести испытания.
- Предложить схему применения УЗО при производстве ESL молока.
- Разработать комплект технической документации, отражающий концепцию управления рисками при производстве питьевого молока с УЗО.
 - разработка ТУ;
 - системы управления рисками на базе концепции ХАССП;

Научная новизна

- Разработана параметрическая модель протекания ультразвуковой обработки молока.

- Разработан метод контроля процесса протекания УЗО путем измерения амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) колебательных процессов в обрабатываемой среде.
- Исследовано влияние ультразвуковой обработки на параметры молока.

Практическая ценность работы и реализация результатов

На основании результатов работы разработаны:

- Комплект технической документации для реализации метода производства питьевого молока с применением УЗО: ТУ «ПИТЬЕВОЕ МОЛОКО ОБРАБОТАННОЕ УЗ», План ХАССП для производства молока питьевого с применением ультрафильтрации и УЗО.
- Оптимизированы методы интегральной оценки качества молока, такие как оценка цветометрических показателей молока, оценка реологического профиля молока, методика исследования микроструктуры молока.
- Произведен опытный образец информационно-измерительной системы контроля протекания ультразвуковой обработки молока (ИИС УЗОМ).

Публикации

По результатам исследований опубликовано

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, обзора литературы, обзора материалов и методов, результатов исследований и их обсуждений, разработки технической документации, выводов, списка литературы и приложений. Работа изложена на 100 страницах, включает 4 таблицы,

22 рисунка, 3 приложения. Список литературы включает 32 наименования работ.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Объекты и методы исследований

Для проведения исследований в этой работе было использовано следующее сырье:

- Молоко сырое по ГОСТ 31449-2013;
- Молоко нормализованное, пастеризованное с м.д.ж. 3,2%.

Данное сырье было получено в ходе прохождения производственной практики на предприятии АО «Вимм-Биль-Данн».

Так же использовалось

- Молоко, пастеризованное с м.д.ж. 3,2% «Домик в деревне»
- Молоко, пастеризованное с м.д.ж. 1,5% «Домик в деревне»
- Кефир «Домик в деревне» с м.д.ж. 3,6%
- Ряженка «Домик в деревне» с м.д.ж. 3,5%

Для разработки рекомендаций по использованию УЗО при производстве молока питьевого использовались следующие инструменты качества:

- Диаграмма сродства
- Квалиметрический анализ
- Декомпозиция процессов (IDF0 диаграмма)
- FMEA анализ

Исследования проводились в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1.

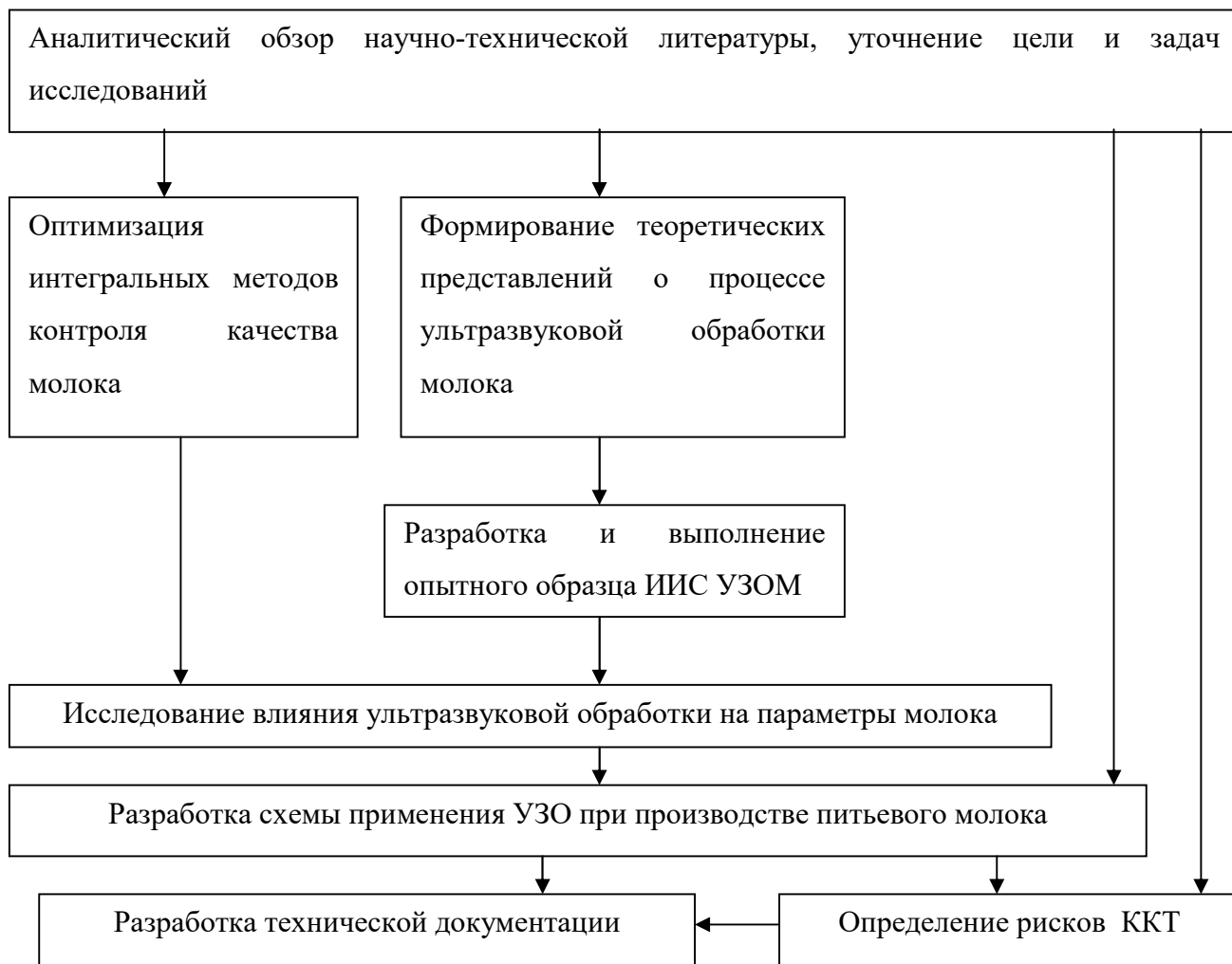


Рисунок 1. Схема проведения исследований

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Разработка интегральных методов контроля качества молока

Оптимизация метода исследования микроструктуры молока

Для исследования микроструктуры и оценки гранулометрического состава пищевых сред применяли информационно-измерительную систему (ИИС) на базе прибора «ГИУ-1» (разработка МГТУ им. Баумана, Россия) (Рисунок 2).

Данная ИИС позволяет измерять характеристики полидисперсных сред с максимальным размером частиц в 500 мкм.

Принцип действия прибора ГИУ-1 основан на проведении микроскопирования исследуемой пробы с последующим подсчетом

частиц и оценки их размеров в специализированном ПО. В ходе измерения получают гистограмму распределения частиц по размерам с шагом до 2 мкм.

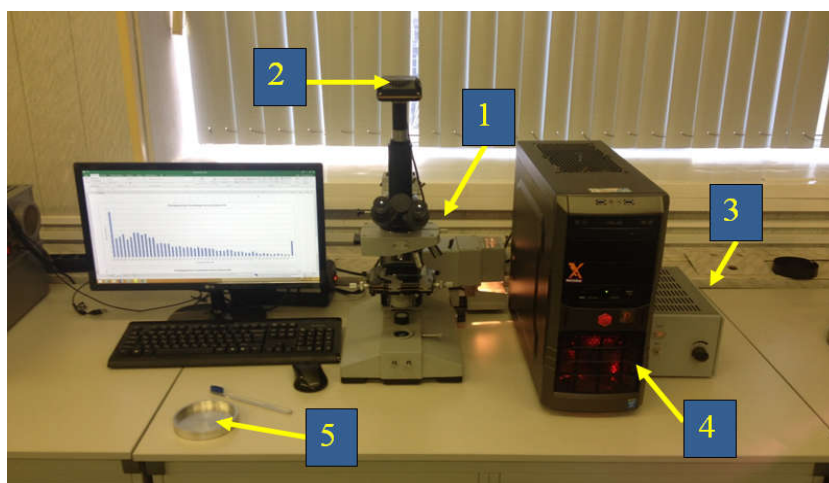


Рисунок 2. ИИС оценки гранулометрического состава на базе прибора ГИУ-1 (1- Микроскоп БИОЛАБ; 2- Камера для электронной микроскопии; 3 - Блок питания освещения; 4 - ПК; 5 - Кювета и зубная щетка)

Характерная кривая распределения частиц по размерам представлена на рисунке 3.

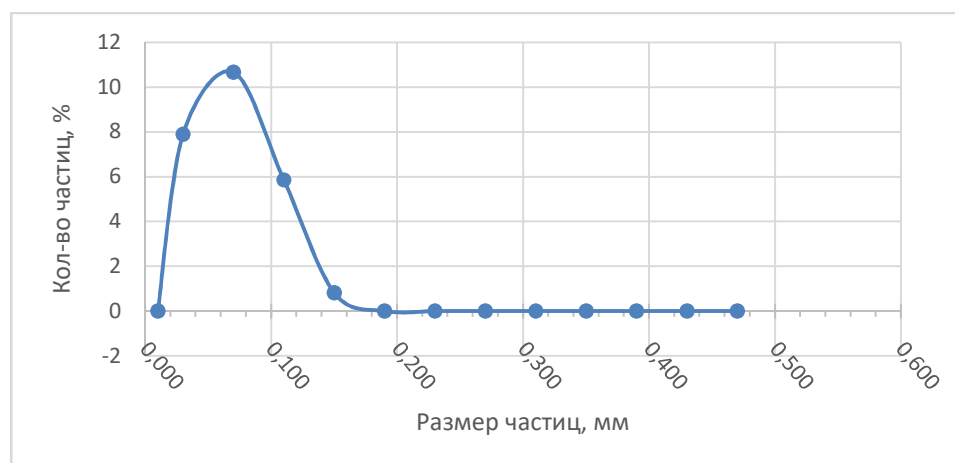


Рисунок 3. Характерная кривая распределения частиц по размерам (График распределения жировых шариков сырого молока, полученный в ходе измерения на ИИС ГИУ-1)

Оптимизация метода исследования реологических характеристик молока на приборе «Структурометр СТ-2»

Применение реометрии к молоку позволяет оценить структурные свойства молока и выявить возможное влияние их на качество последующих продуктов переработки.

Для молока целесообразно применение метода исследования, позволяющего интегрально оценить систему, т.е. исследования реометрического, а не только измерения аналитических параметров качества.

Для измерения реологических характеристик молоко предлагается применять текстуроанализатор «Структурометр СТ-2»

Текстуроанализатор «Структурометр СТ-2» является отечественным аналогом зарубежного прибора ГА.ХТ. И представляет собой универсальную реометрическую информационно-измерительную систему.

Характеристическая кривая представлена на рисунке 4.

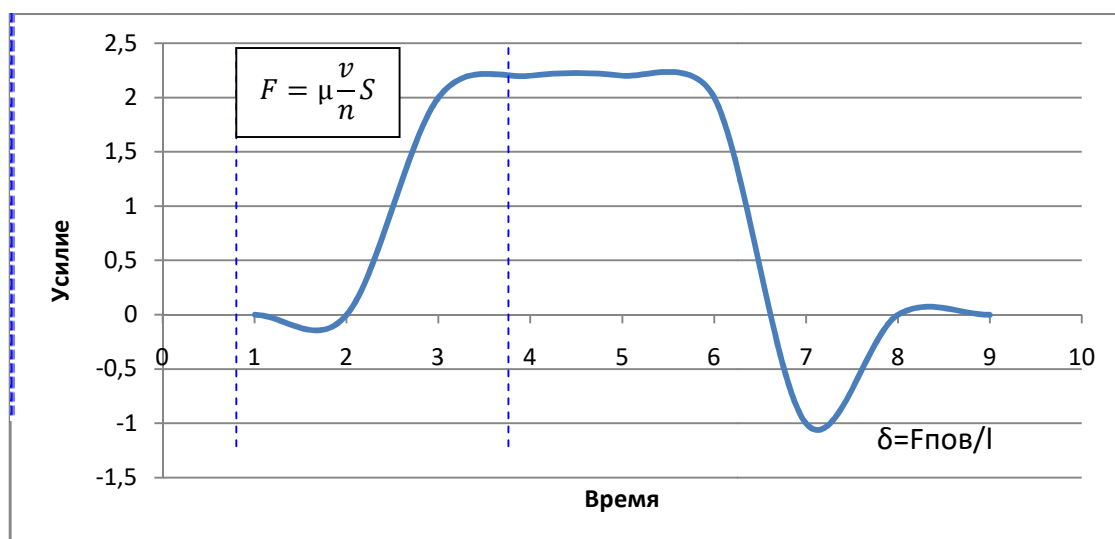


Рисунок 4. Характеристическая кривая изменения усилия при внедрении и извлечении индентора шар из пробы молока, полученная при измерении на текстуроанализаторе «Структурометр СТ-2»

Оптимизация метода экспресс - оценки цветометрических показателей молока на приборе Chroma meter CR410.

Оттенки цвета молока могут быть следствием влияния различных, в том числе критически значимых факторов.

Каждый случай изменения цвета молока требует установление причин, однако, каждый такой случай может свидетельствовать о, возможно критическом, изменении качества молока. Метод колориметрического исследования сырья и продукции, так же привлекателен благодаря простоте применения и возможности быстро произвести анализ.

Для измерения цветометрических характеристик предлагается применять трехпозиционный колориметр Chroma meter CR-410.

Принципиальная схема эксперимента приведена на рис. 5.

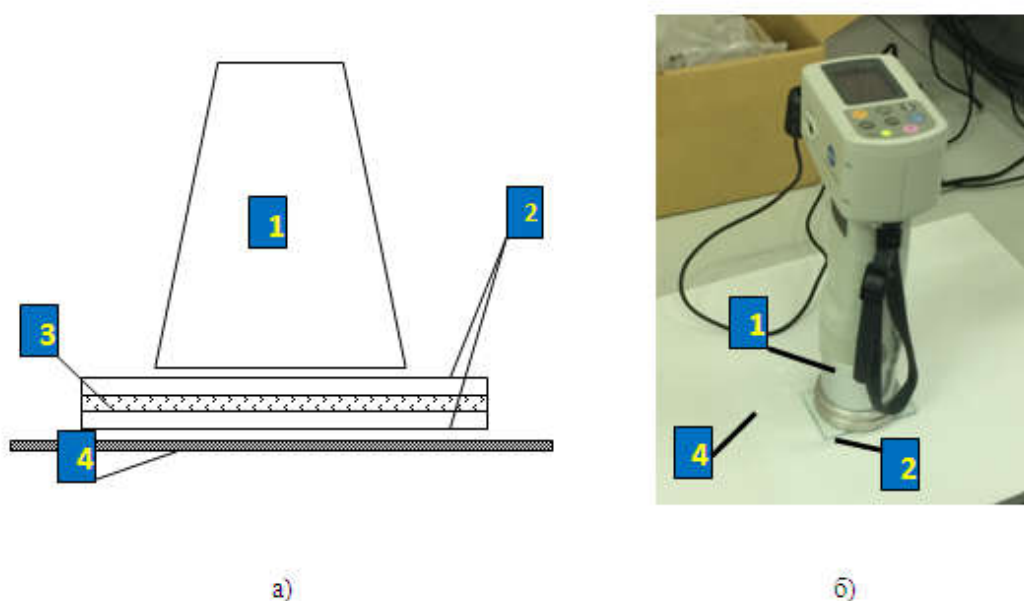


Рисунок 5. а) - Принципиальная схема проведения измерения цветовых характеристик молока; б) Фотография проведения исследования цветометрических характеристик молока с применением цветомера Chroma meter cr-410; 1 – Объектив цветомера; 2 – Приборные стекла 5x8 см

На рисунке 6 представлены цветиметрические показатели качества различных молочных продуктов.

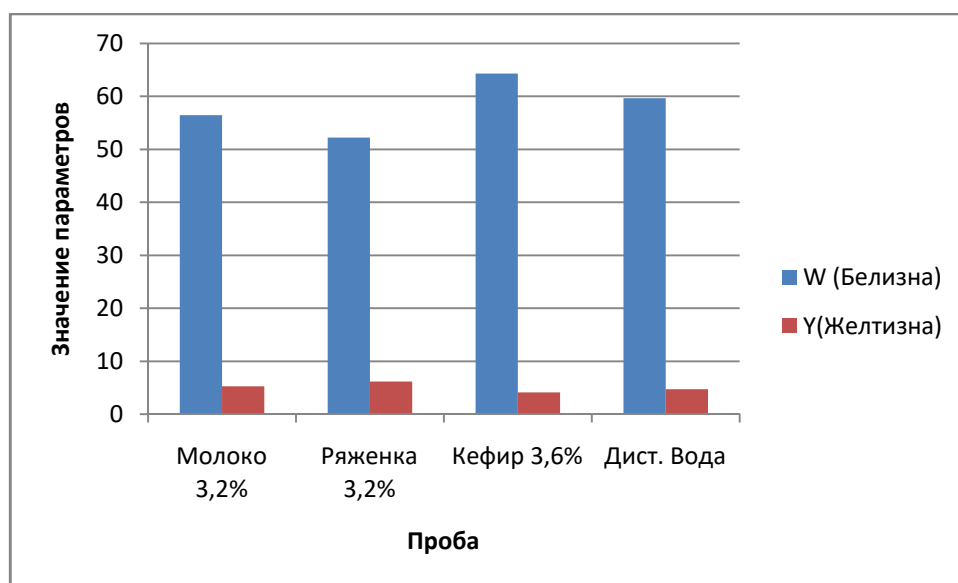


Рисунок 6. Цветиметрические показатели проб молочных продуктов и дистиллированной воды

Моделирование опытной ИИС УЗОМ

В результате проведенного патентного поиска и литературного анализа установлено, что у всех существующих установок облучения молока ультразвуком отсутствуют первичные измерительные преобразователи для визуализации изменения физико-химических характеристик обрабатываемого продукта и контроля правильности протекания технологических операций – это датчики температуры продукта (молока), датчики колебательных явлений, возникающих в облучаемой среде, а также – датчики потока для оценки скорости протекания сырья по объемам излучателя.

Первичные измерительные преобразователи необходимы для организации мониторинга процесса обработки молока в озвучивающих установках и своевременной корректировки режима работы оборудования.

Алгоритмы управления технологическими операциями обработки молока являются параметрическими. Управление обработкой ультразвуком молока и его температурой в процессе замеса предлагается осуществлять в рамках разработанной параметрической модели, представленной на рисунке 7.

В соответствии с требованиями системного анализа все факторы и показатели, обозначаемые в параметрических моделях, подразделяются на: возмущающие, управляющие, управляемые и наблюдаемые.

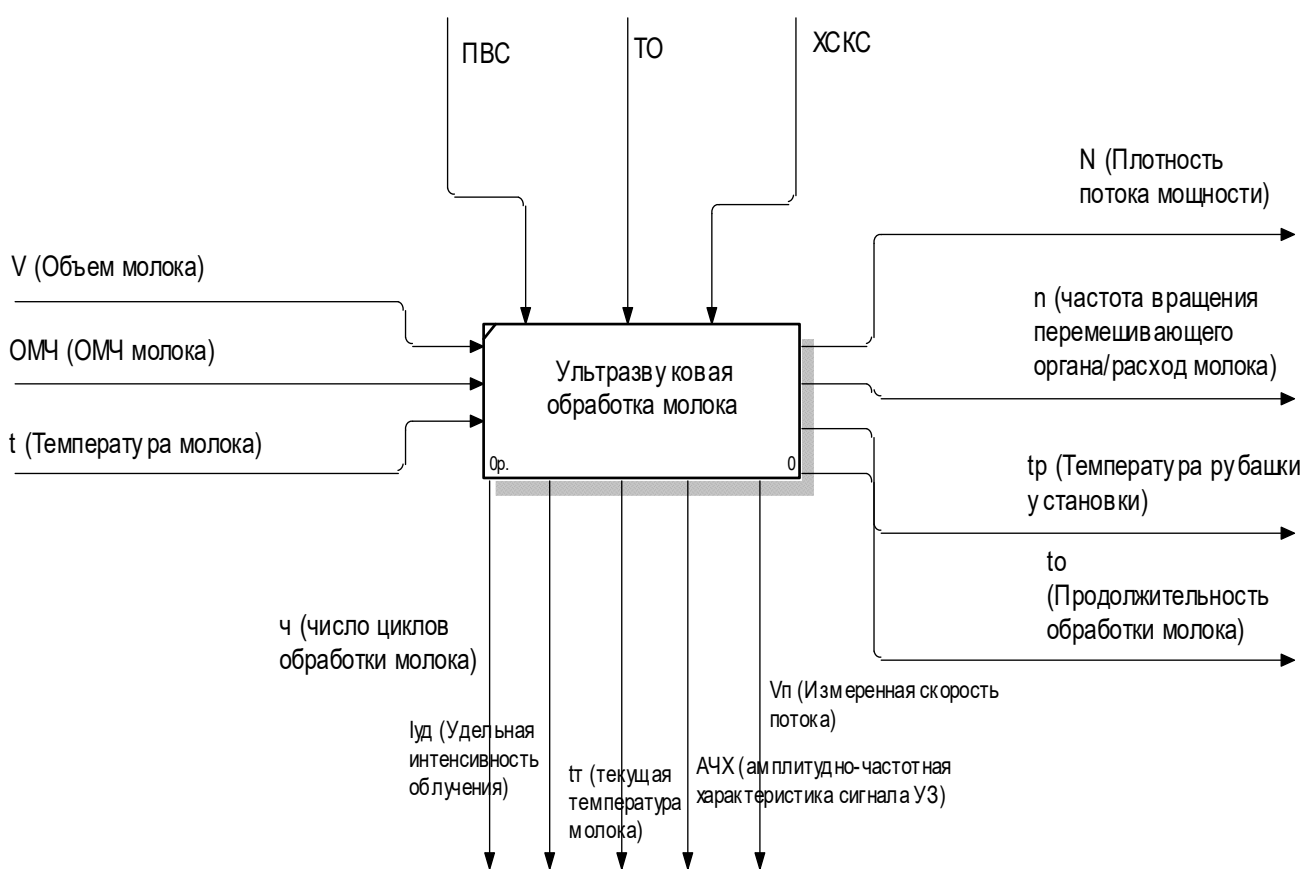


Рисунок 7. Параметрическая модель операции обработки молока ультразвуком

Возмущающие параметры:

- **ПВС** – параметры внешней среды (давление атмосферного воздуха, относительная влажность воздуха, температура воздуха и др.);
- **ХСКС** – химический состав и качество сырья;

- **ТО** – технологические отклонения (объем обрабатываемого молока, температура молока, скорость протекания обрабатываемого молока через оборудование и т.д.);

Управляющие параметры:

- V – объем молока, л;
- **ОМЧ** – содержание микроорганизмов в молоке, КОЕ/мл;
- t – температура молока поступившего на обработку, °С;

Управляемые параметры:

- N – плотность потока мощности, Вт/см²;
- n – частота вращения перемешивающего органа или давление нагнетаемое насосом, с⁻¹;
- t_p – температура рубашки установки, °С;
- t_o – продолжительность обработки молока, с;

Наблюдаемые параметры:

- измеряемые параметры:

- t_m – температура молока на выходе из установки, °С;
- **АЧХ** – амплитуда и частота проходящего через молоко ультразвукового излучения;
- V_n – измеренная скорость потока, л/мин.

Частично предлагаемая методология по организации мониторинга процесса обработки молока ультразвуком была реализована в созданной опытной информационно-измерительной системе УЗОМ на базе ультразвуковой ванны «Dadi DA-968» и блока измерительной аппаратуры (рисунок 8).

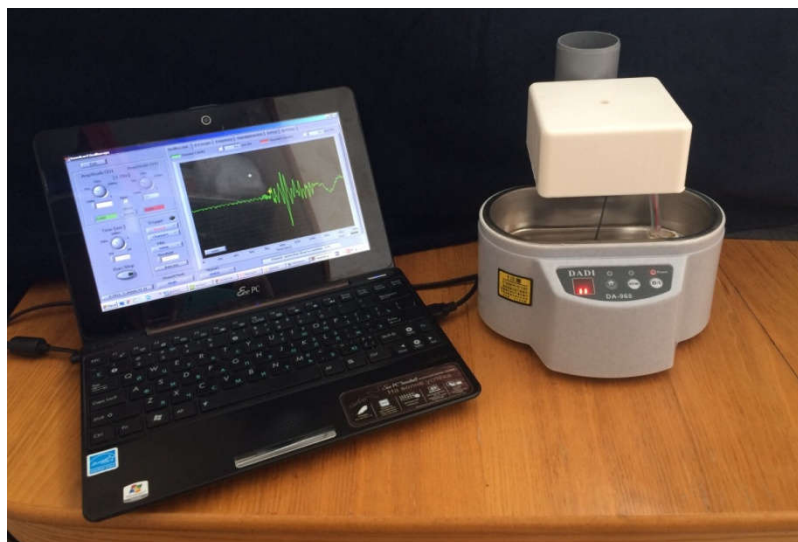


Рисунок 8. Опытная установка обработки молока ультразвуком «ИИС УЗОМ»

Полученная ИИС УЗОМ позволяет генерировать ультразвуковой сигнал с мощностью 30 Вт. Частота излучаемого ультразвука при этом составляет 40 кГц.

Разработка метода контроля работы установки путем измерения амплитудно-частотных характеристик.

Ультразвук распространяется в виде волн. Излучатели ультразвука генерируют колебания в соприкасающейся с ними среде с заданными амплитудно-частотными характеристиками. Распространение ультразвука в замкнутом объеме среды характеризуется возникновением «стоячих волн».

На основании полученных эрозионным тестом данных о локализации крегерных точек стоячих волн для исследования АЧХ процесса УЗО были выбраны контрольные точки измерения, расположение которых представлено на рисунке 9.

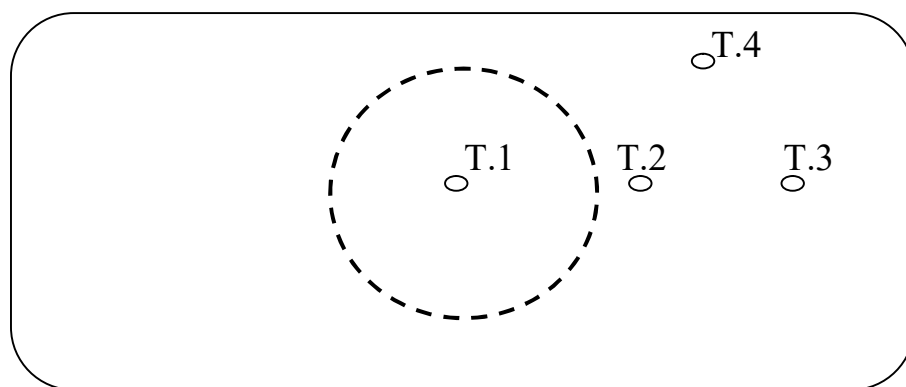


Рисунок 9. Точки измерения АЧХ емкости обработки "ИИС УЗОМ"

На рисунке 10 представлены спектральные характеристики ультразвукового излучения в каждой из выбранных точек.

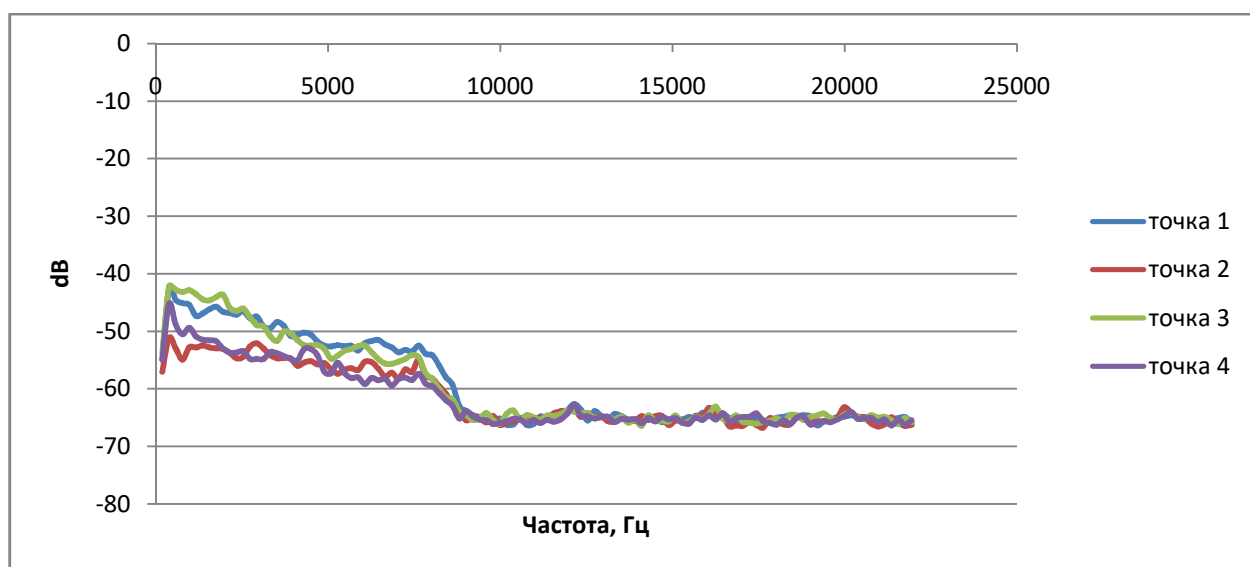


Рисунок 10. Спектры ультразвукового излучения в контрольных точках ИИС УЗОМ

Как видно, точка 3 принимает мощность излучения на всей полосе частот, сравнимую с «громкостью» точки 1.

В результате было принято решение, использовать точку 3 при исследовании АЧХ молока в ходе обработки.

Таким образом, разработанная информационно-измерительная система мониторинга динамики ультразвуковой обработки молока позволяет осуществлять оперативный контроль процесса ультразвуковой обработки.

Исследование влияния УЗО на показатели молока

Для исследования влияния УЗО на параметры качества молока использовали обработку молока в разработанной опытной установке в течении заданного периода времени при мощности в 30 Вт:

- 10 мин
- 20 мин
- 30 мин

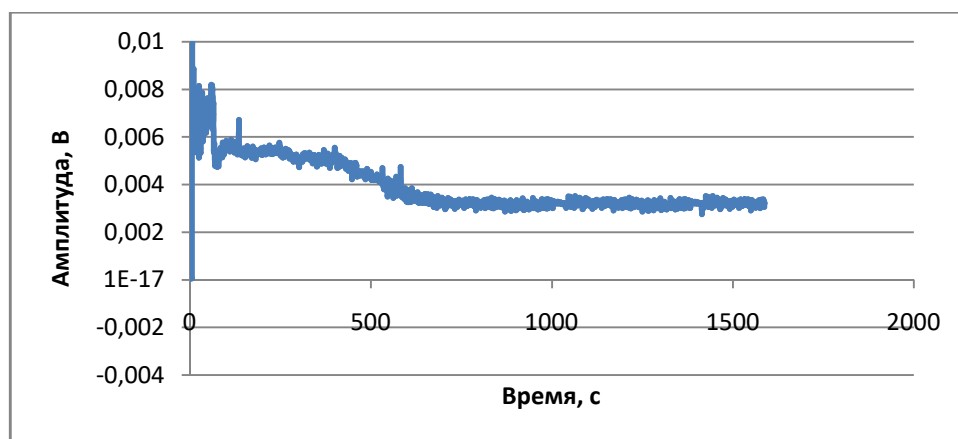


Рисунок 11. Изменение амплитуды УЗ сигнала в ходе обработки молока

Как видно на приведенном графике изменения амплитуды во время обработки (Рис. 11), амплитуда ультразвуковых колебаний с течением времени обработки уменьшалась, вплоть до выхода на плато фазу.

В ходе проведенных экспериментов установлено, что влияние на стандартные показатели в приведенных тестах минимально. Вероятно, это связано с недостаточной мощностью излучателя ультразвука.

Установлено, однако, что в ходе обработки молока, в результате сдвиговых воздействий, происходит снижение количества примесей –

крупных объектов в молоке, что отмечено при исследовании микроструктуры обработанного молока (Рисунок 12).

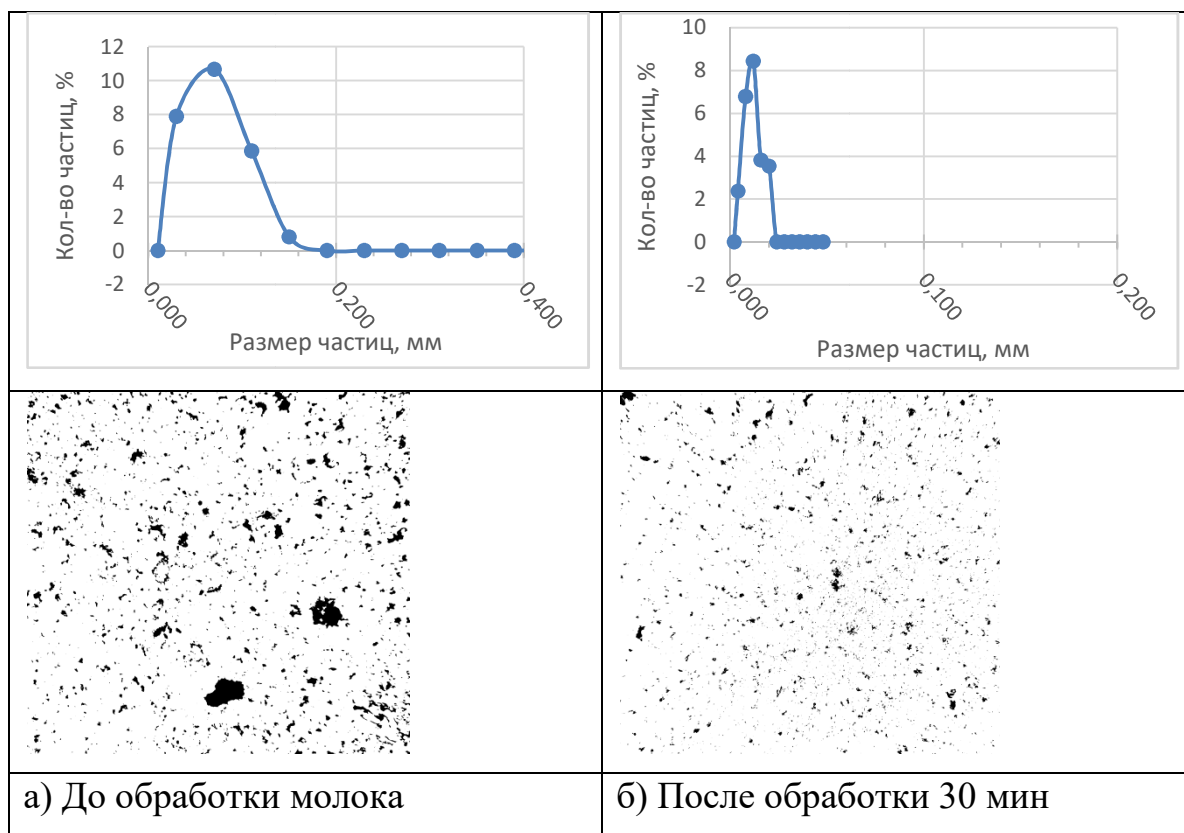


Рисунок 12. Микрофотографии молока и кривые распределения размеров частиц до и после обработки ультразвуком

Выявлено влияние ультразвуковой обработки на содержание микроорганизмов в молоке, динамика изменения представлена на рисунке 13.

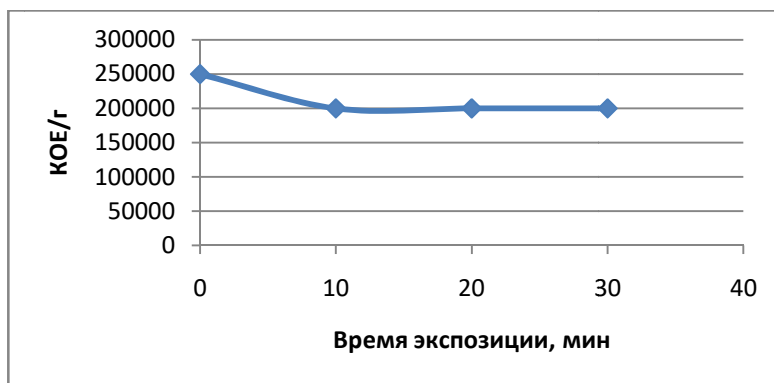


Рисунок 13. Динамика изменения содержания микроорганизмов в молоке в ходе обработки на ИИС УЗОМ

Разработка схемы производства питьевого молока с УЗО

На основании анализа научно-технической литературы и полученных результатов предлагается следующая концепция производства питьевого молока с УЗО:

Система производства ESL молока с дополнительной обработкой УЗ на установках с возможностью СІР мойки. Дополнительное условие производства ESL молока – это спец. требования при розливе. Применение УЗО возможно не только для обработки молока, но так же и при автоматических режимах промывки, в качестве дополнительного промывающего воздействия. Таким образом, ожидаемый результат внедрения УЗО на производстве питьевого молока:

- Снижение энергозатрат на дополнительную температурную обработку;
- Увеличение эффективности стерилизации молока «мягкими» методами;
- Применение УЗО как вспомогательного воздействия при ТО установок – УЗО узлов установок при автоматической мойке;

На рисунке 14 представлена схема производства питьевого молока с применением УЗО.

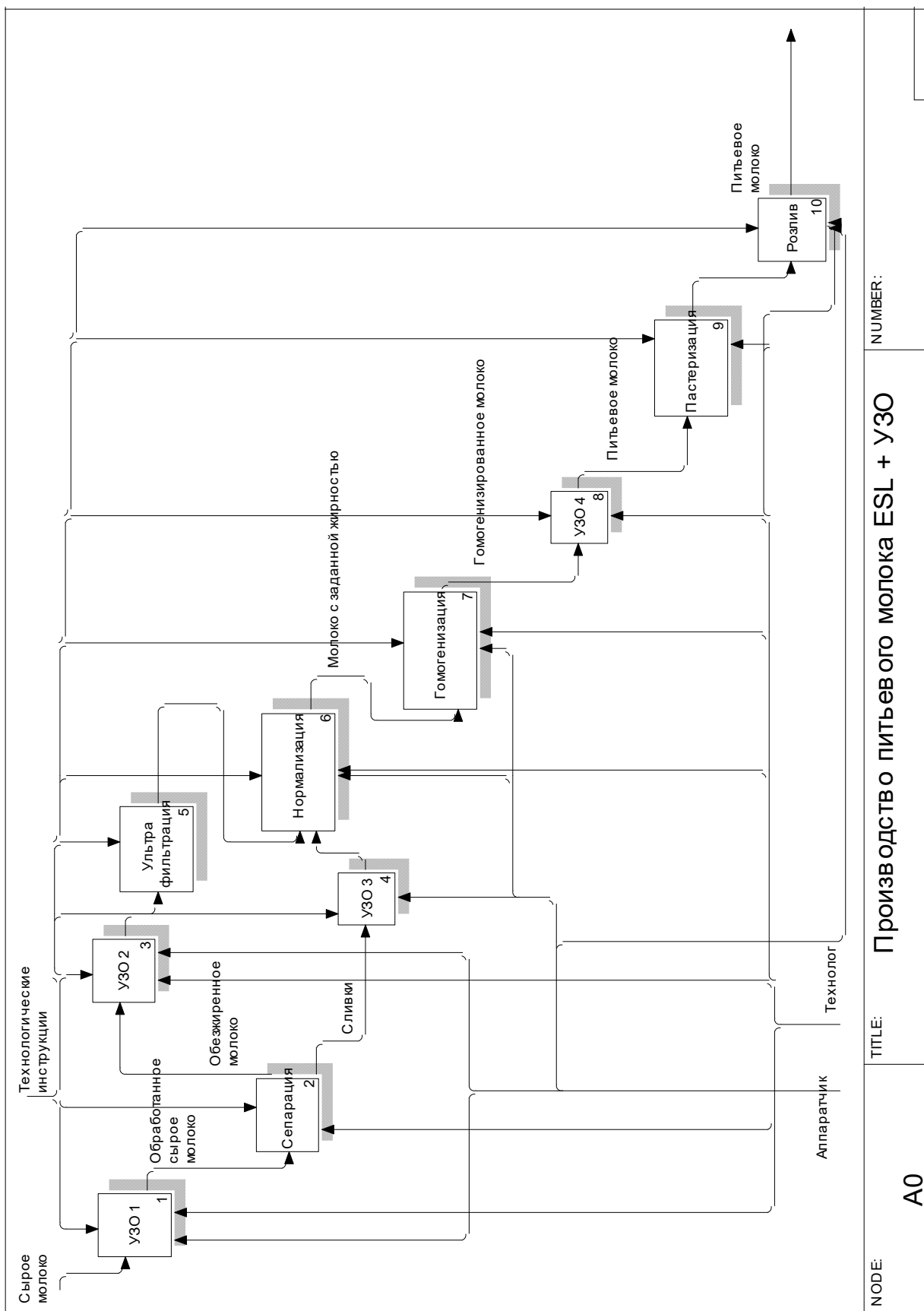


Рисунок 14.Схема производства питьевого молока с УЗО

На основании полученной схемы выполнен анализ рисков и сформирован план ХАССП, представленный в таблице 1.

Таблица 1.

План ХАССП производства ESL питьевого молока с применением УЗО.

ККТ 1	ККТ 2	ККТ 3	ККТ 4	ККТ 5	ККТ 6
Хранение после приемки; Температура молока 4 С; Длительность хранения 12 ч;	Обработка молока в УЗО; Скорость потока молока через УЗО;	Ультрафильтрация молока; Колебание давления потока , протекающего через фильтрующую систему более 10%;	Пастеризация молока; Температура пастеризации не менее 90С;	Розлив молока; Концентрация посторонних частиц в помещении розлива не более 35000/м3;	Разливающее оборудование; Отсутствие моющих веществ в смывах с системы

Выводы

В ходе выполнения исследования были выполнены следующие задачи:

- Оптимизированы методы определения интегральных показателей качества молока – Цветометрическая оценка, реологическая оценка, исследование микроструктуры молока.
- Сформированы исходные требования на разработку опытной информационно-измерительной системы мониторинга ультразвуковой

обработки молока (ИИС УЗОМ) – разработана параметрическая модель, выполнен натурный образец и произведены испытания.

- Предложена схема применения УЗО при производстве ESL молока с применением ультрафильтрации.
- Разработан комплект технической документации, отражающий концепцию управления рисками при производстве питьевого молока с применением УЗО.
 - Разработано ТУ;
 - Разработана система управления рисками на базе концепции ХАССП;

По материалам диссертации опубликованы следующие работы

- Сарбашев К. А. Трудности введения системы менеджмента качества в условиях отечественных предприятий // Молодой ученый. – 2017. – №. 39. – С. 49-51.