

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»

На правах рукописи



Анохин Сергей Александрович

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ
СРЕДСТВ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ ЕМКОСТЕЙ СБОРА,
ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МОЛОКА**

Специальность 05.20.01 –

Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Диссертация

на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук, доцент
Никитин Дмитрий Вячеславович

Тамбов, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ МОЛОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	14
1.1. Молочное сырье как источник загрязнения емкостей сбора, хранения и транспортирования.....	14
1.2. Типы загрязнений емкостей сбора, хранения, транспортирования молока.....	21
1.3. Моющее действие и процесс прилипания загрязнений.....	24
1.4. Процессы мойки и дезинфекции емкостей сбора, хранения и транспортирования молока.....	28
1.5. Конструктивные особенности емкостей сбора, хранения и транспортирования молока влияющие на качество мойки и дезинфекции	40
1.6. Выводы по главе.....	49
2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЕМКостей СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МОЛОКА.....	50
2.1. Теоретические исследования процесса загрязнения поверхностей.....	50
2.2. Теоретическое исследование мойки и дезинфекции поверхностей с применением поверхностно-активных веществ.....	52
2.3. Теоретическое исследование влияние шероховатости на мойку и дезинфекцию поверхностей.....	58
2.4. Теоретическое обоснование метода туманогенерации при мойке и дезинфекции поверхностей.....	65
2.5. Осаждение моющего и дезинфицирующего средств на внутренней поверхности емкости.....	74
2.5.1. Осаждение в поле температурного градиента.....	74
2.5.2. Осаждение под действием градиента концентрации пара.....	77

2.6. Совершенствование технологии и технических средств мойки и дезинфекции емкостей.....	78
2.7. Выводы по главе.....	80
3. ПРОГРАММА И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ ЕМКОВ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МОЛОКА.....	81
3.1. Программа и методы исследований, устройство и принцип работы экспериментальных установок	81
3.2. Разработка конструкторско-технологической схемы экспериментальной и производственной комбинированной моечной установки	87
3.3. Разработка конструкции моечной головки для струйной обработки внутренних поверхностей емкостей повышенного объема.....	92
3.4. Разработка конструкции портативного озонатора для дезинфекции внутренних поверхностей емкостей без предварительной мойки.....	95
3.5. Выводы по главе.....	99
4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЕМКОВ СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МОЛОКА.....	100
4.1. Результаты экспериментальных исследований мойки поверхностей	100
4.2. Результаты экспериментальных исследований процесса дезинфекции поверхностей	110
4.3. Результаты экспериментальных исследований определения эффективности методов дезинфекции, рецептур моющих средств при распылении и режимов комбинированной моечной установки.....	116
4.4. Выводы по главе.....	126
5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДОМ РАСПЫЛЕНИЯ УЛЬТРАМАЛОГО ОБЪЕМА РЕАГЕНТА.....	128

5.1. Критерий чистоты как основа материального баланса в мойке и дезинфекции поверхностей	128
5.2. Производственная установка для мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, транспортирования и хранения молока ...	132
5.3. Технологическая линия	134
5.4. Экономическая эффективность результатов исследования	137
5.5. Выводы по главе.....	144
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	146
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	148
ПРИЛОЖЕНИЕ А	166
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....	172
ПРИЛОЖЕНИЕ В	176
ПРИЛОЖЕНИЕ Г.....	180

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследований. Одним из приоритетных направлений совершенствования технологии и технических средств мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока является снижение расхода воды и моющего реагента, а также снижение химического воздействия моющего и дезинфицирующего реагентов при обеспечении требуемого качества молока.

Согласно прогнозу долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года [1], разработанному Минэкономразвития России, современное состояние водных ресурсов, утилизации химических веществ определяет политику экономии ресурсов. Мойка и дезинфекция поверхностей оборудования, напрямую соприкасающихся с молоком, в агропромышленных процессах сбора, хранения и транспортирования являются одними из основных источников ресурсопотребления воды, моющих и дезинфицирующих реагентов.

Современное состояние водных ресурсов планеты определяет политику экономии данных жизненно важных источников. Нехватка пресной воды особенно ощущается в засушливых регионах, где доступ к пресным водоемам либо отсутствует, либо ограничен. Несмотря на богатые источники пресной воды в Российской Федерации к таким регионам можно отнести юго-восток Саратовской области, Оренбургская область, Республика Калмыкия, часть Волгоградской области и Ставропольского края, Республика Крым. В таких регионах нехватка пресной воды особенно остро ощущается в сельскохозяйственной отрасли, где данный ресурс необходим, в частности для орошения культур.

С изменением климата к регионам с дефицитом пресной воды могут прибавиться территории на сегодняшний день не знающие таких проблем, в том числе Тамбовская область. Дефицит пресной воды является причиной повышения стоимости на ресурсы и, как следствие, удорожание

сельскохозяйственной продукции. В связи с чем, многие производители растительной сельскохозяйственной продукции перешли на ресурсосберегающие технологии, например, капельное орошение, обработка растений ультрамалыми объемами гербицидов, инсектицидов, подкормок и так далее.

Мойка и дезинфекция поверхностей оборудования, напрямую соприкасающихся с молочным сырьем, в агропромышленных процессах сбора, хранения и транспортирования являются одними из основных источников ресурсопотребления: воды и моющих реагентов. Существующие технологии мойки и дезинфекции в производстве молочного сырья в фермерских животноводческих хозяйствах основаны на гидродинамических свойствах течения жидкости непосредственно влияющих на загрязнение (мойка под давлением), либо на термодинамических подходах (применение парогенерации для мойки и дезинфекции). Однако данные технологии ресурсо-, энерго- и время затратные. Увеличенные расход воды, моющего реагента, электроэнергии делает актуальным применение технологии обработки поверхностей ультрамалым объемом водного моющего раствора и озонирования. Данные технологии могут снизить расход воды, моющего реагента, повысить бактериологическую безопасность, сократить время мойки и дезинфекции оборудования, особенно в условиях длительного перерыва (более 3 часов) в его использовании.

Использование комбинированной моечной установки позволяет решить задачу снижения ресурсо-, энерго- и время затрат, что особенно актуально для небольших фермерских животноводческих хозяйств.

Комбинирование мойки и дезинфекции в одной установке позволяет улучшить параметры: производительность, уровень технологичности конструкции, автоматизацию, а также уменьшить металлоемкость.

Исследования по теме диссертации выполнены в соответствии со Стратегией машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года, Стратегией развития сельскохозяйственного

машиностроения России на период до 2030 года и Указа Президента России В.В. Путина от 21 июня 2016 года № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технологической политики в интересах развития сельского хозяйства».

Степень разработанности темы.

В настоящее время накоплено большое количество теоретического и экспериментального материала по результатам исследований мойки и дезинфекции твердых поверхностей, которые успешно используются при разработке новых конструкций моечных и дезинфицирующих систем. Дальнейшее совершенствование технологий мойки и дезинфекции возможно путем создания более эффективного аппаратного оформления оборудования, позволяющего интенсифицировать данные процессы и снизить ресурсо- и энергозатраты.

Научной основой изучения процессов мойки и дезинфекции явились фундаментальные работы отечественных авторов П.А. Ребиндера, Н.Н. Петровой, Е.К. Венстрема, А.Б. Таубмана, Н.Н. Серб-Сербиной, А.М. Вязниковой, Н.М. Смирнова, М.П. Воларовича, Б.И. Тютюнникова, Л. Гуревич, Г. Юхновского, Е.М. Лившица, Н.М. Лубмана, А.В. Думанского, С.Д. Суховской, А.М. Яхимович, Д.Л. Талмуд, А.М. Смирновой, Д.А. Рождественского, Д.Х. Авдальян, а также зарубежных – Plateau, MacBain, Fischer, Zsigmondy, Krafft, Lederer, Perrin, Wells, Dewar, Lawrence, Chapin, Fall, Spring, Donnan, Lascaray, Madsen, Gibbs, Bartsch, Wenstrom, Clayton и других.

В изучение эффективности моющих и дезинфицирующих средств в области производства молока и молочных продуктов существенный вклад внесли В.М. Ульянов, В.Ф. Ужик, Ю.А. Цой, Л.М. Цой, А.И. Завражнов, А.А., Ж.И. Кузина, В.Ю. Матвеев, В.В. Кирсанов, В.В. Молочников, Р.Г. Алягезян, Т.С. Моргунова, А.И. Цюльсдорф, В. Моог и другие.

Существенный вклад в изучение звуковых технологий в области мойки и дезинфекции внесли зарубежные ученые Dinesh P.R. Thanu, Mingrui Zhao, Zhenxing Han, Manish Keswani, D.W. Cooper, C. Leonelli, T.J Mason, D.R.

Morris, R.W. Elliot, F.J. Fuchs, C. McDonnell, B.K. Tiwari, J.T. Snow, M. Sato, T. Tanaka, V.B. Menon, L.D. Michaels, R.P. Donovan, D.S. Ensor, r.n. Weller, J.M. Brady, W.E. Bernier, A.C. Wallstrom, O.A. Iseri, A.H. Crawford, S.B. Award, A. Atchley, L. Crum, T. Tuziuti, W.L. Nyborg, J. Blitz, S. Shwartzman, A. Mayer, W. Kern, R. Esche, M. Strasberg, H.G. Flynn, D.M. Berg и другие.

Однако известные теоретические и экспериментальные исследования недостаточно учитывают возможности и перспективы применения технологий ультрамалого объема распыления моющего средства и озонации при мойке и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока, их изучение необходимо продолжить.

Цель исследования: повышение эффективности мойки и дезинфекции емкостей сбора, хранения и транспортирования молока.

Задачи исследования:

- провести анализ технологий и средств мойки и дезинфекции оборудования при производстве сырого молока;
- теоретически и экспериментально обосновать параметры и режимы мойки и дезинфекции при использовании ультрамалого объема реагента;
- разработать методику расчета мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока с применением системы распыления ультрамалого объема моющего и дезинфицирующего средства и системы озонирования;
- исследовать физико-химические свойства частиц мелкодисперсной среды моющих и дезинфицирующих средств;
- разработать и обосновать конструктивно-технологические схемы экспериментальной и производственной установки мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей ультрамалым объемом распыления растворов и определить экономическую эффективность результатов исследования.

Объект исследования: технологический процесс мойки и дезинфекции внутренних поверхностей бидонов, доильных ведер, фляг от механических, химических и бактериологических загрязнений.

Предмет исследования: закономерности влияния объема моющего и дезинфицирующего средства и озонации на продолжительность, эффективность и качество мойки и дезинфекции поверхностей от молока, его компонентов и патогенных микроорганизмов.

Научная новизна работы:

– установлены закономерности создания эффективных систем мойки и дезинфекции молочного оборудования способом распыления ультрамалого объема реагентов;

– экспериментально доказана целесообразность применения ультрамалого объема моющего средства, позволяющего снизить ресурсо- и энергозатраты процесса мойки, и эффективность озонации, интенсифицирующая процесс дезинфекции внутреннего замкнутого пространства емкостей;

– разработаны конструктивно-технологические схемы моечных установок: экспериментальной и комбинированной с применением систем распыления ультрамалого объема моющего и дезинфицирующего средства, озонации и вакуумного транспортирования отработанных жидкостей. Техническая новизна подтверждена патентом РФ № 2728147.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретические зависимости параметров эффективности мойки и дезинфекции от объема моющего и дезинфицирующего реагента, а также способа его нанесения на поверхность, полученные в ходе исследований, позволяют обосновать параметры мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока.

Практическая значимость работы заключается в создании технических средств мойки внутренних поверхностей ультрамалым объемом моющего средства и дезинфекции, с применением озонации.

Совершенствование технических средств и процессов мойки и дезинфекции в производстве молока малыми фермерскими хозяйствами позволяет повысить качество молока, его товарную стоимость. Рационализация технологии мойки и совершенствование конструкции мойки позволяет экономить трудозатраты, сокращать ресурсо- и энергозатраты.

Практические результаты диссертационного исследования приняты Управлением сельского хозяйства Тамбовской области и внедрены на предприятия ООО «АГРО-АЛЬЯНС», Колхоз - Племенной завод им. Ленина, в образовательной организации ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет».

Методология и методы исследования. Теоретические исследования основаны на теории диффузии и броуновского движения, физико-химических свойствах аэрозолей, известных законов физики, термодинамики, газогидродинамики. Экспериментальные исследования выполнялись в соответствии с общеизвестными методиками отбора проб, определения размеров и весовой концентрации частиц молока и аэрозолей, и разработанными на их основе частными методами. Лабораторные и производственные исследования проводились с использованием современных электронных и механических приборов и установок методами хронометражных наблюдений и измерений. При обработке экспериментальных данных применялся метод математической статистики с использованием программ для работы с электронными таблицами Microsoft Excel, пакетом для математического анализа Mathcad 14, языком программирования Python.

Основные положения, выносимые на защиту:

– результаты теоретических исследований закономерностей создания эффективных систем мойки и дезинфекции молочного оборудования способом распыления ультрамалого объема реагентов;

- конструктивно-технологическая схема экспериментальной моечно-дезинфицирующей установки с применением ультрамалого распыления моющего раствора и озонирования;
- конструкция комбинированной моечной установки;
- усовершенствованная методика расчета процесса мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока;
- результаты экспериментальных исследований по обоснованию параметров технологических процессов мойки и дезинфекции оборудования для сбора, хранения и транспортирования молока;
- технико-экономическая оценка результатов исследований.

Степень достоверности и апробации работы.

Степень достоверности полученных результатов и выводов подтверждается выполненными экспериментами, использованием общепринятых методик, ГОСТов, приборов и оборудования, совпадением результатов, полученных теоретическими и экспериментальными исследованиями, а также с результатами других авторов, занимающихся данной тематикой, внедрением полученных результатов в производство.

Результаты исследований доложены, обсуждены и одобрены:

- на научно-технических семинарах кафедр «Механика и инженерная графика» и «Агроинженерия» ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»;
- на всероссийских научно-практических конференциях и выставках: Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации (2017 г., г. Тамбов); Современное состояние садоводства Российской Федерации, проблемы отрасли и пути их решения (17-18 сентября 2020 г., г. Мичуринск).
- на международных научно-практических конференциях и научно-технических семинарах: Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт (15-16 июня 2017 г., г. Тамбов); Интеграционные

процессы в науке в современных условиях (3 декабря 2017 г., Казань); Сушка, хранение и переработка продукции растениеводства (22-23 мая 2018 г., г. Москва); Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья (24-25 мая 2019 г., г. Тамбов); Цифровизация агропромышленного комплекса (21-22 октября 2020 г., г. Тамбов); Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса (26-28 февраля 2020 г., г. Ростов-на-Дону); Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации (20 апреля 2021 г., г. Рязань).

Личный вклад автора. Автор принимал непосредственное участие на каждом этапе исследования, включая: постановку задач; анализ литературных источников; разработку программы исследований; сбор и обработку данных; проведение экспериментов и испытаний; разработку и конструирование установок; составление заявок на патенты; апробацию результатов исследования на международных и всероссийских научно-практических конференциях 2017 – 2021 годах; подготовке публикаций.

Соответствие диссертационной работы паспорту научной специальности. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства, п. 2 – разработка теории и методов технологического воздействия на среду и объекты сельскохозяйственного производства и п. 7 – разработка методов оптимизации конструкционных параметров и режимов работы технических систем и средств в растениеводстве и животноводстве по критериям эффективности и ресурсосбережения технологических процессов.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, в том числе: 3 статьи – в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ; два патента на изобретение. Общий объем публикаций составляет 2,75 п.л., из них автору принадлежит 1,8 п.л.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, списка литературы из 144 наименований и 4 приложений. Работа

изложена на 165 страницах основного текста, включает 44 рисунка и 22 таблицы.

1. АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ МОЛОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1.1. Молочное сырье как источник загрязнения емкостей сбора, хранения и транспортирования

Молоко – это сложная по химическому составу биологическая жидкость. Основными его компонентами можно выделить следующие вещества: белки, жиры, углеводы, минеральные вещества, витамины, биологические активные вещества, а также вода. В свою очередь, данные компоненты делятся на сотни веществ, входящие в их структуру. В таблице 1.1 приведено приближенное процентное соотношение компонентов в составе молока [2]. Данная таблица не претендует на описание полного химического состава молока, его состав может меняться в зависимости от различных условий, например, содержания коров, их кормления, ухода, сезона, породы, условий хранения и так далее. Однако приведенные в таблице компоненты дают понятие общий состав данного продукта, и если в одних процессах данные компоненты являются ценными питательными элементами, то в мойке и очистке они представляют собой загрязнения, а в дезинфекции часть компонентов будут являться источниками размножения и распространения патогенных микроорганизмов.

В качестве основного компонента, требующего особого значения для мойки и очистки емкостей, будет являться жир, выступающего в виде механического загрязнения.

Для процесса дезинфекции важными компонентами являются ферменты, содержащиеся в молоке. При участии ферментов протекают многие биохимические процессы. Они имеют сложную белковую структуру. По присутствию в молоке можно выделить протеазу (расщепляет белок), липазу (расщепляет жир), амилазу (расщепляет молочный сахар, углеводы).

Таблица 1.1 – Процентное соотношение компонентов молока

Компонент	Доля в молоке
1 Вода	84 %
2 общий белок	3,3 %
в том числе	
казеин	2,7 %
альбумин и глобулин	0,6 %
3 Жир	3,7 %
4 Лактоза	4,7 %
5 Зола	0,7 %
6 Кальций	0,12 %
7 Магний	0,01 %
8 Натрий	0,05 %
9 Калий	0,15 %
10 Фосфаты	0,21 %
11 Цитраты	0,2 %
12 Хлориды	0,1 %
13 Бикарбонаты	0,02 %
14 Сульфаты	0,01 %
15 хлористый натрий	0,096 %
16 хлористый калий	0,083 %
17 хлористый кальций	0,119 %
18 лимоннокислый натрий	0,222 %
19 лимоннокислый калий	0,049 %
20 лимоннокислый магний	0,038 %
21 лимоннокислый кальций	0,213 %
22 фосфаты кальция	0,147 %
23 фосфат калия однозамещенный	0,116 %
24 фосфат калия двузамещенный	0,083 %
25 фосфат магния	0,103 %
26 Медь	0,2-0,3 мг/л
27 Свинец	0,02 мг/л
28 Железо	0,5 мг/л
29 Марганец	0,03 мг/л
30 Молибден	0,07 мг/л
31 Цинк	0,4 мг/л
32 Йод	0,05 мг/л
33 Кобальт	0,0006 мг/л

Также в объем ферментов входят пероксидаза, которая служит индикатором при установлении режима пастеризации молока, редуктаза, по

содержанию которой судят о санитарных условиях получения молока и степени его свежести, каталаза, служащая индикатором физиологического состояния животного.

Следует отметить наличие в составе молока малого количества газов: кислород, углекислый газ, азот. Однако при достижении молоком точки кипения данное количество успешно улетучивается.

Обязательной составной частью молока является вода, без которой не могут протекать многие физико-химические и биохимические процессы. Вода обуславливает физическое состояние продукта.

С точки зрения питания одним из ценных компонентов являются жиры (липиды), представленные в молоке в виде молочного жира, фосфатидами и стеринами. Молочный жир – это сложный эфир спирта глицерина и жирных кислот. В наибольшем количестве в молочном жире содержатся пальмитиновая, миристиновая, олеиновая и стеариновая жирные кислоты. Особенностью молочного жира является относительно высокое содержание низкомолекулярных, летучих растворимых в воде жирных кислот.

Молочный жир находится в молоке в диспергированном виде, т.е. в виде мелких жировых шариков диаметром 4-5 мкм [2, 3]. Данные шарики покрыты тонкой белковой оболочкой, в состав которой входят жироподобные вещества: фосфатиды и стерины. В фосфатиды (лецитин и кефалин) помимо глицерина и жирных кислот также входят фосфорная кислота и азотистое основание. Стерины (холестерин и эргостерин) – высокомолекулярные ароматические спирты. Температура плавления жиров довольно низкая. Базисная норма доли жира в молоке составляет 3,4 % [4].

Молоко, как сырье, при длительном транспортировании или хранении в емкостях подвергается воздействию микроорганизмов. Такое воздействие влечет бактериологическое загрязнение сырья. Объемы спор бактерий и их колоний характеризуется окружающей средой, то есть средой емкости транспортирования и хранения. Уровень бактериологического загрязнения молока во многом зависит от степени чистоты данных емкостей.

Молоко перевозят специализированными транспортными средствами как скоропортящиеся грузы. В качестве емкостей для транспортирования молока применяют цистерны для пищевых жидкостей и фляги, а также могут быть применены иные виды тар из материалов разрешенных органами здравоохранения для контактирования с молоком и его продуктами. Транспортирование осуществляют не более 12 ч при температуре молока 2 – 8 °С.

Хранение молока на ферме осуществляется в емкостях не более 24 ч после дойки при температуре молока 4 ± 2 °С.

В свежесвыдоенном молоке имеются бактерицидные вещества (см. табл. 1.1), продолжительность действия которых на микроорганизмы зависит от температурных режимов транспортировки и хранения молока. Бактерицидные свойства неохлажденного молока сохраняются в течении 1 – 2 ч, при быстром охлаждении до 4 – 6°С – в течение 24 – 36 ч. Поэтому существует требование – поступающее молоко на перерабатывающие предприятия должно иметь температуру не выше 10°С [3 – 5]. Особое внимание необходимо уделять мойке, очистке и дезинфекции емкостей, когда используется для транспортировки и хранения некачественное сырье – молоко от больных животных или подозреваемых на заболевание ящуром, бруцеллезом, туберкулезом и других.

Наличие химических загрязнений в молоке также должно быть сведено к минимуму. Под химическими загрязнениями подразумеваются остатки моющих и дезинфицирующих средств, соли тяжелых металлов, пестициды, антибиотики, иные ингибирующие вещества и активные химические вещества, широко встречающиеся в производстве молочных ферм. В этом случае некачественным сырьем будет являться фальсифицированное молоко (поднятое, разбавленное водой, обезжиренное), с наличием нейтрализующих (сода, аммиак) и консервирующих веществ, с запахом и привкусом химикатов, нефтепродуктов или другими посторонними привкусами и запахами.

Качество молока зависит от физико-химических и микробиологических показателей, таблица 1.2. Натуральное молоко в основном выступает как вырабатываемое сырье агропромышленного комплекса для пищевой промышленности, где происходит его дальнейшая переработка. В связи с чем произведена стандартизация молока-сырья и его сортировка [6]. В таблице 1.3 представлены параметры определения сорта молока.

Таблица 1.2 – Общие показатели качества молока

Показатель	Значение
1 Плотность	1,027 – 1,032 г/см ³
2 Титрируемая кислотность	16 – 19°Т
3 Активная кислотность	6,68 рН
4 Степень чистоты	I группа
5 Термоустойчивость по алкогольной пробе	72 – 75 %
6 Бактериальная обсемененность	I класс

Плотность определяется по соотношению объема молока при 20°С к тому же объему воды при 4°С [4, 5, 7].

Кислотность характеризует свежесть молока. Титрируемая кислотность обусловлена наличием в свежем молоке газов, белковых веществ и солей органических и неорганических кислот, кислотность ниже 16 °Т может свидетельствовать о фальсификации молока (например, разбавлением водой), при высокой кислотности молоко не выдерживает процесс нагрева (происходит коагуляция белков). Показания активной кислотности аналогично свидетельствуют о состоянии свежести молока [4, 5].

Степень чистоты сырья определяют в первую очередь по механическим загрязнениям, которая отражает санитарное состояние молочной фермы и входит в систему качественной оценки молока. Загрязненность определяют путем пропускания через фильтр (в виде слоя ваты) заданного объема молока и сравнивают степень загрязненности фильтра с эталоном [6].

Бактериальную обсемененность молока определяют по редуктазной пробе. Продолжительность обесцвечивания метиленовой сини или изменение окраски резазурина позволяет оценить молоко на наличие в нем бактерий.

Некоторое количество бактерий, в зависимости от класса бактериальной обсемененности молока, допускается в сырье, однако наличие патогенных микроорганизмов (бактерий) и вирусов опасных для жизни и здоровья человека не допустимы.

Таблица 1.3 – Показатели сорта молока

Показатель	Сорт молока			
	высший	первый	Второй	несортовой
Консистенция	Однородная жидкость без осадка и хлопьев. Замораживание не допускается			Наличие хлопьев белка, механических примесей
Вкус и запах	Чистый, без посторонних запахов и примесей, не свойственных свежему натуральному молоку		Допускается в зимне-весенний период слабовыраженный кормовой привкус и запах	Выраженный кормовой привкус и запах
Цвет	Белый, светло-кремовый			Кремовый, светло-серый, серый
Кислотность, °Т	16 – 18		16 – 20,99	Менее 15,99, более 21
Группа чистоты, не ниже	I		II	III
Плотность, кг/м ³	1028	1027		Менее 1026,9
Температура заморозания, °С	– 0,52			Выше – 0,52

Физические показатели транспортируемого и хранимого молока (температура заморозания, температура кипения, вязкость, осмотическое давление и др.) целесообразно знать при конструировании соответствующих емкостей.

В момент образования молока в организме жир в нем находится в жидком состоянии и молоко является типичной эмульсией «масло – вода».

Оболочки частиц жира данной эмульсии совмещенные, состоящие из высокомолекулярных (белки) и низкомолекулярных (фосфолипиды) поверхностно-активных веществ – белково-фосфолипидный эмульгатор [2, 3, 7].

При охлаждении молока начинается кристаллизация частиц жира. Жировые шарики деформируются, но оболочка сохраняет свои стабилизирующие свойства уже в суспензии жира. Структура оболочки капель жира позволяет молоку как эмульсии быть устойчивым по отношению к процессу коалесценции [6].

По Шторху, жировой шарик окружен тремя слоями: внутренним тонким темным слоем; фосфолипидный слой; широкий диффузный протеиновый слой. Оболочка жира имеет вид перфорированного фрагмента, разделенного на малые ячейки, которые в своей совокупности образуют сетку.

Фосфолипидный слой представлен в первую очередь веществами: лецитин, кефалин, сфингомиелин. По Дженесу и Пальмеру, толщина слоя соответствует предельному мономолекулярному – $(18 - 26) \cdot 10^{-10}$ м (длина молекулы лецитина – $22 \cdot 10^{-10}$ м). Объем фосфолипидов в оболочке составляет 30 % - $(0,015 - 0,022) \cdot 10^{-3}$ г на 100 см^2 межфазной поверхности.

Протеины в оболочке (оболочечные протеины), по Кингу, отличаются от иных протеинов, которые также могут находиться в составе молока. Их количество составляет $(0,034 - 0,049) \cdot 10^{-3}$ г на 100 см^2 поверхности жировых шариков. Отношение числа гидрофильных боковых групп полипептидной цепи к гидрофобным приблизительно равно 2, что характеризует оболочечный протеин как гидрофильный [7].

Согласно работе [8] жировая капля, выходя из клетки молочной железы, обволакивается биомембраной данной клетки. Биомембраны клеток имеют бимолекулярный фосфолипидный слой – два совмещенных адсорбционных слоя, соединенных углеводородными радикалами фосфолипидов. В структуру биомембраны входят α -цитомембрана, мембрана митохондрий, миелин, дискообразные структуры сыворотки.

На основе анализа данных работ можно составить структуру оболочки частицы жира. Первый слой состоит из развернутых молекул оболочечного протеина, цепи которого соприкасаются в некоторых местах с поверхностью жирового шарика. Толщина диффузного протеинового слоя колеблется в пределах $150 \cdot 10^{-10}$ м. Второй слой – бимолекулярный слой фосфолипидов с углеводородными радикалами, непосредственно не примыкающий к неполярной фазе частицы жира. Углеводородные радикалы образуют собственную фазу толщиной примерно $50 \cdot 10^{-10}$ м [2, 8]. Третий слой плотный, также протеиновый. Его толщина – $30 \cdot 10^{-10}$ м.

Модель оболочки жировой капли представлена на рисунке 1.1.

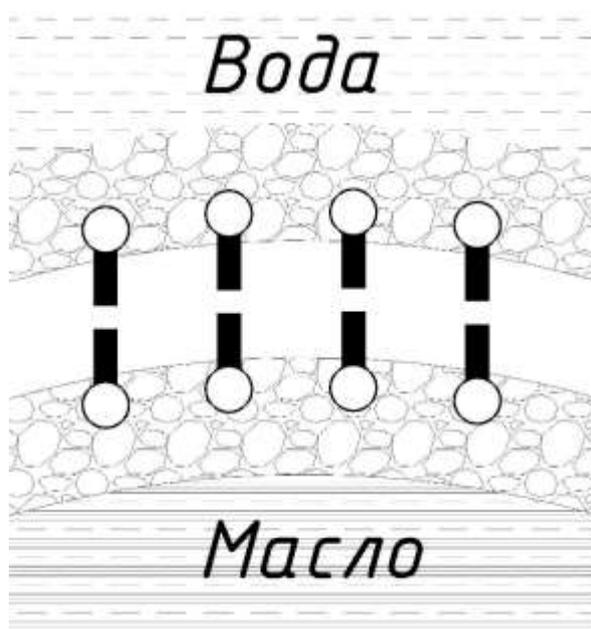


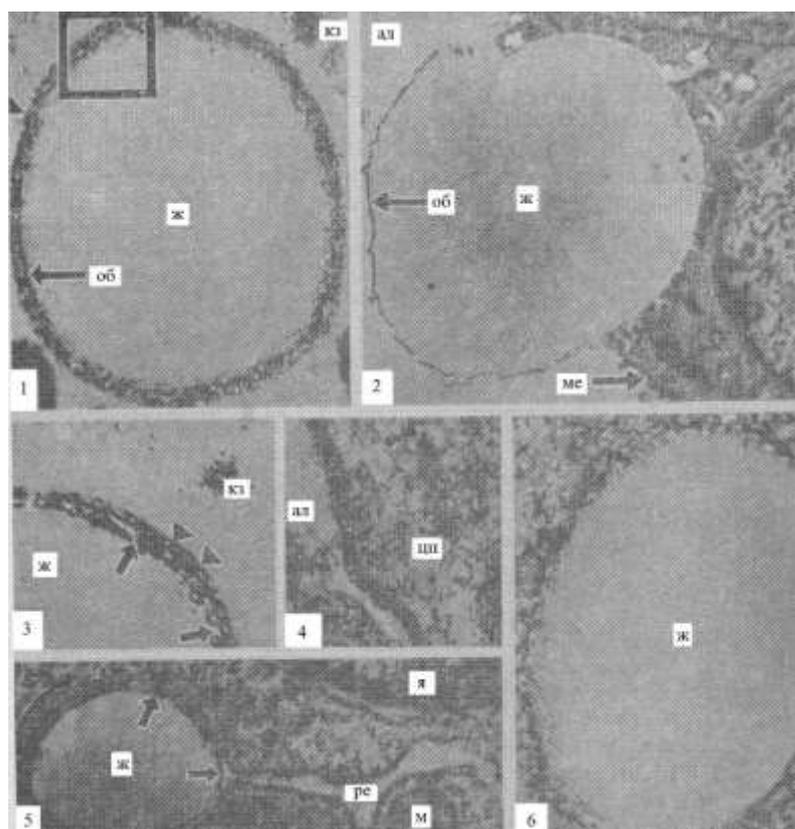
Рисунок 1.1 – Модель оболочки капли молочного жира

На рисунке 1.2 представлена жировая капля в разных стадиях образования.

1.2. Типы загрязнений емкостей сбора, хранения, транспортирования молока

В работе [9] поверхностные загрязнения относят к варианту материала, субстанции и к энергии (как правило, ионизированной), которая имеет

влияние на продукт. Там же данные загрязнения для общего случая разделяют на две категории: пленочные и частицы. Возможные иные классификации загрязнений могут приводиться в зависимости от специфики отрасли. В результате, общая классификация загрязнений может быть огромна, однако ценность ее сомнительна в виду того, что для отдельных отраслей и сфер деятельности большинство из них неактуальны.



1) Капля молочного жира; 2) Капля молочного жира в момент выхода в просвет альвеолы молочной железы; 3) Оболочка капли молочного жира; 4)

Отрезок мембраны; 5) Капля молочного жира в момент возникновения внутри эндоплазматической ретикулы; 6) Искусственная стабилизированная жировая капля; ж – жир; об – оболочка; кз – казеин; ал – альвеола; ме – мембрана; я – ядро; м – митохондрия; ре – ретикула; цп - цитоплазма

Рисунок 1.2 – Шарик молочного жира на различных стадиях образования

Так для сельскохозяйственной фермы по заготовлению сырого молока как сырья для дальнейшей молочной переработки на молокозаводах

необходимо выделить следующие типы поверхностных загрязнений, которые образуются на поверхностях емкостей сбора, хранения и транспортирования:

- механические;
- бактериологические;
- химические.

Общая классификация загрязнений приведена на рисунке 1.3.



Рисунок 1.3 – Общая классификация молочного оборудования

Механические загрязнения в виде относительно твердых нерастворимых в водном растворе частиц ранжируются по размеру. Наиболее актуальными для рассмотрения с позиции их удаления с поверхности являются частицы диаметром от 1 нм до 10 мкм [9, 10]. Большие частицы целесообразно отделять от продукта в процессе его фильтрации, а частицы меньших размеров не оказывают влияние на качество продукта и не представляют угрозы жизни и здоровью потребителя.

Бактериологическое загрязнение представляет собой общее количество единиц бактерий, вирусов и микроорганизмы. Механизм оседания определяется процессами обсеменения поверхностей оборудования при наличии благоприятных условий и питательной среды. В данном случае питательной средой могут служить органические соединения молока, в свою очередь, выступающими в виде механического загрязнения.

Химические загрязнения – элементы и соединения, вступающие в химическую реакцию с поверхностью оборудования или с продуктом (молоком). Механизм образования таких загрязнений аналогичен

механическим загрязнением. Источником таких загрязнений могут служить, в том числе, химические чистящие средства.

1.3. Моющее действие и процесс прилипания загрязнений

Совокупность технологических процессов, сопровождаемые явлениями, происходящих на поверхностях раздела, в поверхностных слоях на границах различных фаз (поверхностные явления), называют моющим действием. Моющее действие (набухание, диффузия в растворе воды) моющих средств определяется их поверхностными свойствами: поверхностным натяжением, эмульгирующей, пенообразующей, пептизирующей способностями.

Согласно [11], моющие средства – это особая группа технических продуктов. Они делятся на две основные группы. К первой группе относят вещества, обладающие высокой поверхностной активностью и высокой прочностью поверхностных пленок в результате полукolloидного состояния в водной среде (типа мыла и мылоподобных веществ). Это органические вещества, растворимые в воде в виде молекул и коллоидных частиц, отчасти диссоциированных на ионы, обладающие выраженной полярной структурой. Ко второй группе относят высокодисперсные эмульгаторы (типа глины).

Основой моющего действия первой группы является их поверхностная активность, а также механическая прочность и вязкость адсорбционных пленок (обязательное условие для процессов пенообразования и эмульгирования). Поверхностная активность – способность адсорбироваться в пограничных слоях у межфазных поверхностей раздела. Все частицы мыла диссоциированы на ионы и коллоидные анионы остатка жирной кислоты. Адсорбция связана с ориентацией молекул и коллоидных частиц (мицелл) в адсорбционном слое полярными группами вглубь водного раствора, а углеводородными частями – в менее полярную среду и с понижением избытка свободной энергии поверхностного слоя [10 – 12]. Водные растворы мыла имеют сложную природу, их свойства подчиняются теории коллоидно-

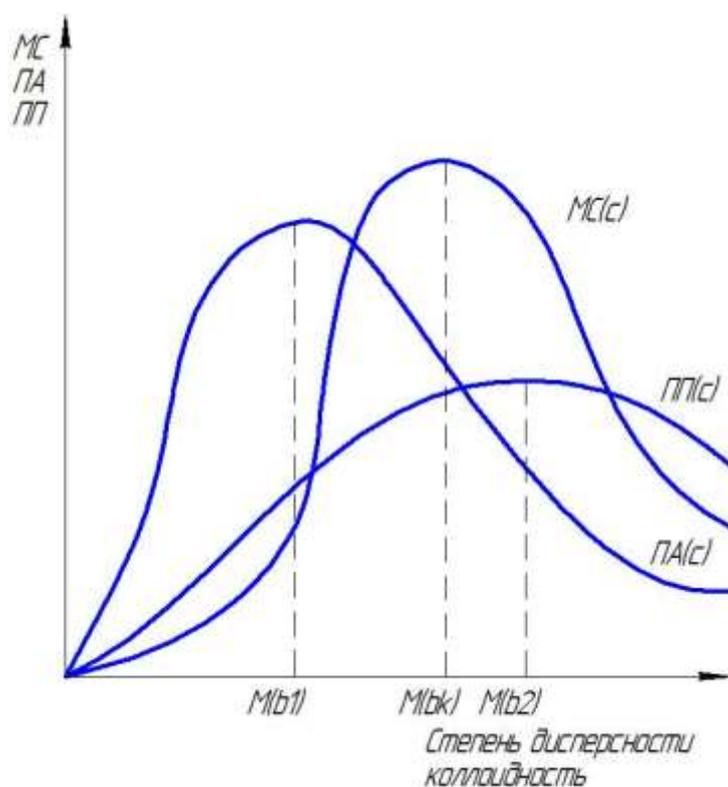
электрохимического баланса, зависящего от концентрации вещества в воде. Помимо концентрации, существенную роль на баланс оказывает старение растворов, в результате которого поверхностная активность и поверхностная прочность изменяется в зависимости отклонения величины коллоидности от оптимума.

На рисунке 1.4 представлен график оптимума коллоидности водного раствора моющего средства. С возрастанием молекулярной (мицеллярной) массы растворенного вещества или содержания коллоидно-дисперсных частиц происходит поверхностная коагуляция в адсорбционном слое. Дальнейшее возрастание приводит к убыванию поверхностной активности, что объясняется резко выраженной коллоидно-дисперсной составляющей раствора и возрастающей асимметрией молекул. Возрастание асимметрии ведет к потере ориентации гидротированных мицелл. Поверхностная прочность начинает снижаться при дальнейшем возрастании коллоидности раствора. Таким образом, слабо поверхностно-активные вещества обладают большими эмульгирующими способностями.

На коллоидность водного раствора моющего средства оказывают влияние температура, кислотность сред, наличие электролитов. Изменение коллоидности влечет изменение поверхностных свойств раствора, следовательно, и его моющее действие. Полностью отсутствует моющее действие у молекулярно-дисперсных сильно поверхностно-активных веществ, а также у гидрофильных коллоидов – белков. Указанные обстоятельства смещают оптимум коллоидности раствора, что ограничивает условия применения растворов на основе первой группы.

Снизить коллоидность раствора можно за счет нагрева, которое деколлоидирует раствор путем повышения степени дисперсности. Постаревшие растворы могут быть восстановлены в том числе путем повышения температуры. Температура кипения может восстановить поверхностные свойства раствора. Также повысить поверхностные свойства

возможно путем добавления в раствор электролитов, однако в работе с пищевыми продуктами это не всегда возможно.



$МС$ – моющее средства; $ПА$ – поверхностная активность; $ПП$ – поверхностная прочность; M – масса растворенного вещества; b – коллоидно-дисперсная частица в растворе; $M(bk)$ – средняя коллоидность раствора

Рисунок 1.4 – Оптимум коллоидности моющего раствора

Снизить коллоидность раствора можно за счет нагрева, которое деколлоидирует раствор путем повышения степени дисперсности. Постаревшие растворы могут быть восстановлены в том числе путем повышения температуры. Температура кипения может восстановить поверхностные свойства раствора. Также повысить поверхностные свойства возможно путем добавления в раствор электролитов, однако в работе с пищевыми продуктами это не всегда возможно.

Вторая группа представлена твердыми эмульгаторами, нерастворимыми в воде, порошкообразные тела, как правило, минерального происхождения,

образующие с водой суспензии. Они не обладают поверхностной активностью, их моющее действие заключается в эмульгирующей способности обволакивать капли маслоподобных (жировых) жидкостей в водной среде, тем самым препятствовать их коалесценции. Эмульгирующее действие обусловлено избирательной смачиваемостью по отношению к воде и к маслу. Гидрофильные эмульгаторы образуют при соответствующей концентрации эмульсии типа «масло в воде» (М-В), гидрофобные – эмульсии типа «вода в масле» (В-М).

Применение твердых эмульгаторов в процессах циркуляционной мойки довольно ограничено, по причине сложности их удаления с поверхностей. Данный процесс удаления является энергоемким.

Основным физико-химическим свойством для процесса отмыывания жидких маслянистых (жировых при соответствующей температуре) загрязнений является эмульгирующая способность моющих средств. Эмульгирующая способность зависит от поверхностной активности по отношению к жидкой и твердой поверхностям раздела: водный раствор – масло; водный раствор – поверхность. Адсорбционные слои раствора обеспечивают смачиваемость поверхности и загрязнения водой, что ослабляет адгезионные свойства загрязнения к поверхности в результате ее гидрофилизации. Таким образом, отделение загрязнения от поверхности происходит более интенсивно. Моющий раствор производит избирательную смачиваемость по отношению к загрязнению и к поверхности. В тоже время раствор снижает смачиваемость загрязнителем поверхности.

Эмульгирующая способность также зависит от поверхностной прочности адсорбционных пленок, которые предназначены для стабилизации эмульсии. То есть данные пленки препятствуют коалесценции отдельных капель загрязнителя во взвешенном состоянии раствора, эмульгированных в результате пониженного поверхностного натяжения. Также поверхностная прочность пленки препятствует повторному прилипанию загрязнителя к поверхности. В свою очередь, механизм препятствия коалесценции

аналогичен механизму ослабления и предотвращения прилипания загрязнителя к поверхности.

Гидрофобные поверхности (например, полимеры) имеют низкую смачиваемость водой, что характеризуется отрицательным углом смачивания на границе раздела сред капли вода-воздух. Для повышения смачиваемости данных типов поверхности целесообразно применять поверхностно-активные вещества в водном растворе. При этом ориентация молекул происходит на границе раздела водный раствор-воздух полярными группами в окружающую среду, а углеводородной цепью – к поверхности. В результате, моющий раствор адсорбирует загрязнение с отмываемой поверхности и его гелеобразный гидрофильный слой диспергирует монослой загрязнения, способствует за счет увеличения смачивающей способности отлипанию дисперсных частиц загрязнения, препятствует повторному прилипанию данных частиц, а также их коагуляции. Однако, согласно работе [11] не следует объединять данное явление с вытеснительной адсорбцией.

1.4. Процессы мойки и дезинфекции емкостей сбора, хранения и транспортирования молока

Анализ технологий мойки и дезинфекции молочного оборудования при производстве сырого молока позволяет классифицировать способы согласно приведенной блок-схеме, рисунок 1.5.

Мойка, очистка и дезинфекция емкостей транспортирования и хранения молока являются стадиями технологического процесса производства сырого молока и дальнейших молочных продуктов, главная цель которых – удаление остатков молока, его составных частей и других возможных загрязнений с поверхностей данных емкостей [12, 13]. Для успешного осуществления процессов мойки, очистки и дезинфекции необходимо знать характер загрязнений, их состав [14, 15].

Емкости хранения, расположенные в помещениях для хранения сырого молока, и емкости транспортирования, предназначенные для перевозки молока в пределах дорожной инфраструктуры от цеха отгрузки фермы до отделения приемного цеха перерабатывающего молочного предприятия, соприкасаются, как правило, с холодным молоком. Внутренние поверхности таких емкостей загрязняются осадком, в состав которого входит 2 – 4 % минеральных солей, 50 – 75 % жира, 20 – 40 % нативный белок [16, 17].

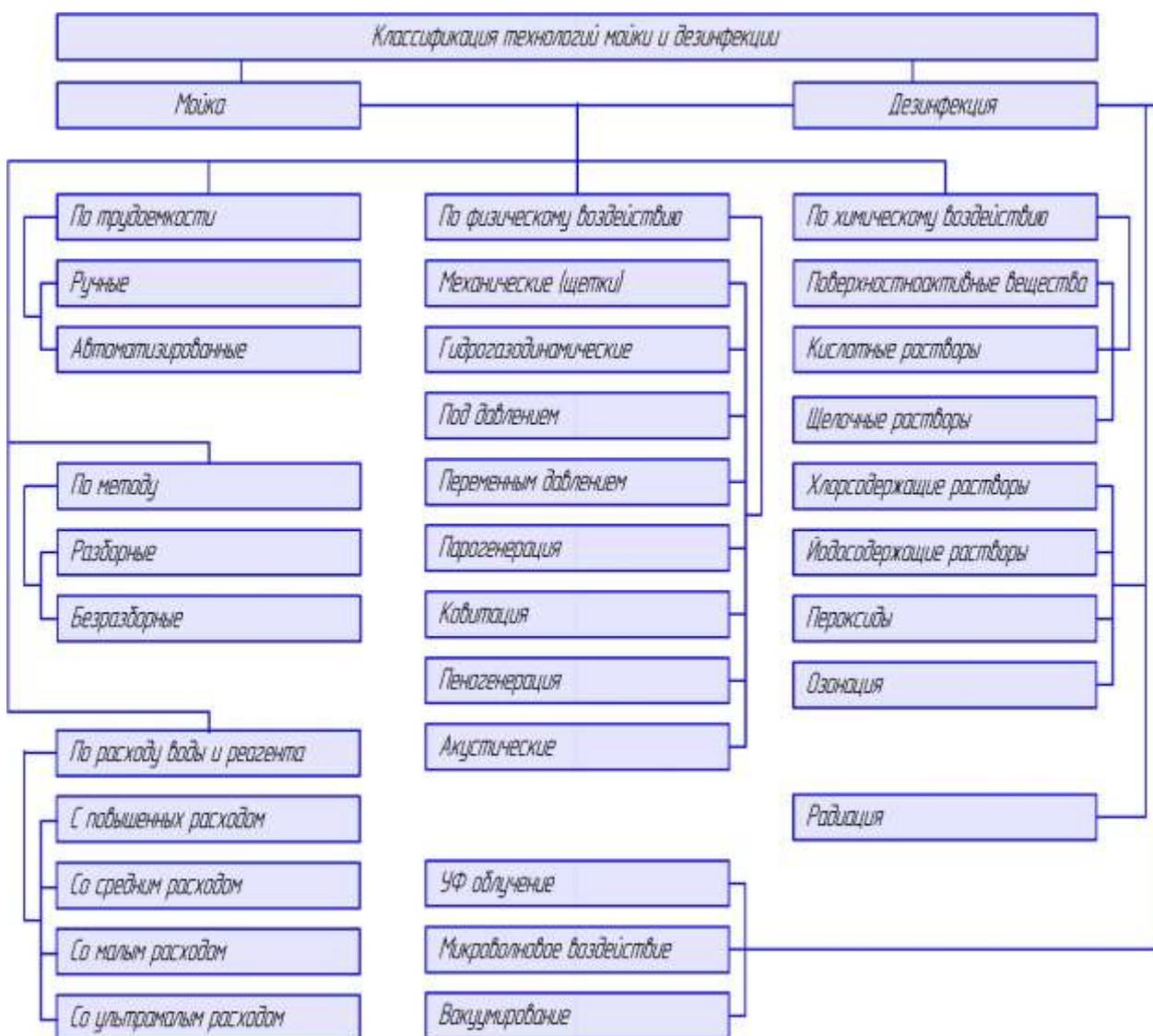


Рисунок 1.5 – Классификация технологий мойки и дезинфекции
молочного оборудования

Силы сцепления осадка с поверхностью [11, 16] определяются адгезионными свойствами, а также степенью шероховатости и пористости

материала поверхности. С точки зрения качества процесса мойки наиболее идеальной является полированная поверхность емкостей, так как прочность сцепления загрязнений с ней меньше, чем с пористой или шероховатой.

Основные этапы процесса мойки емкостей хранения и транспортировки молочного сырья, выделяемые в инструкциях производителями моечного оборудования [17]:

1) предварительная мойка внешних поверхностей колбы цистерны, ее элементов и навесного комплекта оборудования, цель которой – удаление видимых загрязнений;

2) мойка внутренних поверхностей колбы цистерны:

- смыв остатков молочного сырья чистой водой;
- удаление загрязнений;
- дезинфекция;
- окончательное ополаскивание;

3) сушка.

Современные моющие и очищающие процессы применяют средства, обладающие моющим, очищающим, а также дезинфицирующим действиями. Такие средства можно классифицировать на простые (индивидуальные) и сложные (композиции) [18 – 21].

Простые (индивидуальные) средства делятся на неорганические и органические.

Органические средства создаются на основе мыла – натриевые и калиевые соли высших жирных кислот: стеараты ($C_{17}H_{35}COONa$), пальмитаты ($C_{15}H_{31}COOK$), олеаты ($C_{17}H_{33}COONa$). Натриевые являются твердыми мылами, калиевые – жидкие. Жидкие мыла лучше растворяются в жесткой воде и пенятся [15]. Однако для циркуляционной мойки емкостей использование мыл нецелесообразно в связи с сильным пенообразованием моющего раствора, которое затрудняет циркуляцию [16].

К неорганическим относят химические неорганические соединения с моющим и дезинфицирующим эффектом, среди которых наиболее

распространенные в производстве молока являются: каустическая и кальцинированная соды, азотная и сульфаминовая кислоты, метаксилит натрия (жидкое стекло), триполифосфат натрия [22, 23]. Применение любого из приведенных соединений требует особого подхода к процессам мойки, очистки и дезинфекции емкостей. Необходимо подбирать соединение химически инертного к поверхности емкости, чтобы избежать химической реакции между ними. Кроме того, химически инертное соединение к материалу поверхности при одних температурных режимах, может оказаться активным в других режимах. Негативным эффектом химической реакции между моющим средством и материалом поверхности емкости может быть образование коррозии на поверхности, а также химических соединений являющимися токсичными и попадание которых в сырое молоко нежелательно.

Сложные средства представляют собой композицию из индивидуальных средств разных пропорций. По основному компоненту их можно разделить на щелочные, применение которых более распространено, и на кислотные. Для повышения смачиваемости и эмульгации к основанию добавляют поверхностно-активные вещества (ПАВ) – органические соединения, состоящие из крупных, несимметричных молекул с содержанием углерода в количестве 8 – 10 атомов [11, 24].

Композиции относятся к синтетическим моющим средствам (СМС), которые бывают ионогенными и неионогенными. Первые при контакте с водой распадаются на ионы, вторые – не образуют ионов [11]. В свою очередь ионогенные СМС представлены в виде анионоактивных и катионоактивных средств. Катионоактивные СМС обладают бактерицидными свойствами и могут быть использованы комбинировано для процессов мойки и дезинфекции. Неионогенные СМС обладают меньшими свойствами смачиваемости, эмульгации и мойки. Они используются с добавками улучшающими данные свойства, в том числе с анионоактивными СМС.

Однако, неионоактивные СМС более пригодны для циркуляционной мойки по причине низкой вспениваемости.

Емкости транспортирования и хранения молока после мойки для повторного использования должны подвергаться процедуре дезинфекции.

Существует несколько подходов к данному процессу:

- обработка емкостей горячей водой;
- обработка паром;
- обработка горячим воздухом;
- обработка ультрафиолетовым облучением;
- обработка хлорной известью;
- обработка растворами гипохлоритов кальция;
- обработка растворами гипохлоритов натрия.

При обработке емкостей горячей водой ее температура колеблется в пределах 90 – 95 °С, большинство, но не все, микроорганизмы погибают. Наиболее эффективным способом дезинфекции является обработка перегретым (острым) паром. Пар применяют в двух видах: текучий пар ($t = 100^{\circ}\text{C}$) и пар под давлением ($t = 120 - 130^{\circ}\text{C}$, $p = 0,15 - 0,2$ МПа). Пар более эффективен в борьбе с большинством микроорганизмов, обладающий лучшим стерилизующим эффектом. Аналогом по эффективности для пара под давлением может являться горячий влажный воздух ($t = 120^{\circ}\text{C}$), в качестве альтернативы может быть применен сухой горячий воздух ($t = 160^{\circ}\text{C}$), однако сухой горячий воздух обладает меньшими бактерицидными свойствами несмотря на более высокую температуру.

Использование ультрафиолетового облучения применяется реже для емкостей. Такой подход больше применяется к помещениям, в которых емкости находятся.

Химические реагенты на основе хлора также применяются в основном для обработки помещений, но могут быть использованы для дезинфекции внешних поверхностей емкостей.

Эффективность дезинфекции зависит от факторов [23]:

- концентрация дезинфицирующего средства;
- температура дезинфицирующего средства;
- бактерицидных свойств химического средства (в том числе моющего);
- продолжительность воздействия выбранного способа.

Процессы мойки, очистки и дезинфекции в первую очередь характеризуются временем воздействия. Продолжительность мойки и дезинфекции зависит от выбранного подхода. Характеристикой применения химических средств является время химической реакции, которая в свою очередь зависит от объема внутреннего пространства или от площади поверхности емкости. Применение иных подходов основаны как правило на изменении физических параметров: температуры и давления. При более высоких температурных режимах и режимах давления реагента (жидкие и газовые агрегатные состояния воды и растворов на ее основе) время воздействия возможно снизить. Еще одним физическим параметром, оказывающий влияние на качество мойки, является гидродинамический эффект, выраженного в виде струи или потока жидкости.

Для приготовления моющих растворов и некоторых дезинфицирующих средств используют водопроводную воду, отвечающую заданным стандартам [22, 23]. При этом воду различают по температурному режиму: горячая – 40-95°C; теплая – 25-40°C; холодная – ниже 25°C [25, 26]. Свыше 100°C вода имеет газообразное агрегатное состояние – пар, однако непосредственно пар применяется редко для мойки или дезинфекции, чаще используют острый пар – 120-130°C. Общие показатели допустимого химического загрязнения представлены в таблице 1.4.

Микроорганизмы делятся на группы:

- санитарно-показательные, к которым относятся: количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), бактерии группы кишечных палочек - БГКП (колиформы), бактерии семейства Enterobacteriaceae, энтерококки;

- условно-патогенные микроорганизмы, к которым относятся: *E. coli*, *S. aureus*, бактерии рода *Proteus*, *B. cereus* и сульфитредуцирующие клостридии, *Vibrio parahaemolyticus*;

- патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы и *Listeria monocytogenes*, бактерии рода *Yersinia*;

- микроорганизмы порчи, дрожжи и плесневые грибы, молочнокислые микроорганизмы;

- микроорганизмы заквасочной микрофлоры и пробиотические микроорганизмы (молочнокислые микроорганизмы, пропионовокислые микроорганизмы, дрожжи, бифидобактерии, ацидофильные бактерии и др.).

Таблица 1.4 – Допустимые показатели безопасного уровня химических загрязнений в молоке

Загрязнитель	Допустимые уровни, мг/кг (л), не более
1 Токсичные элементы: свинец мышьяк кадмий ртуть	0,1 0,05 0,03 0,005
2 Микотоксины: афлатоксин М1	0,0005
3 Антибиотики: левомицетин (хлорамфеникол) тетрациклиновая группа пенициллины стрептомицин	0,0003 0,01 0,004 0,2
4 Ингибирующие вещества	0
5 Пестициды: гексахлорциклогексан ДДТ и его метаболиты	0,05 0,05
6 Радионуклиды: Цезий-137 Стронций-90	100 (Бк/кг) 25 (Бк/кг)
7 Диоксины: Меламин	0,000003 (в пересчете на жир)

Санитарно-гигиеническое состояние производства молока предусматривает контроль: качества мойки, очистки и дезинфекции оборудования и емкостей сбора, хранения и транспортирования сырого молока, мойки рук работников, состояния санитарной одежды, питьевой воды, воздуха производственных помещений, материалов.

Контроль качества мойки и очистки оборудования и емкостей хранения проводят не менее двух раз в неделю. Емкости сбора и транспортирования контролируют при каждом использовании. Качество определяют по смыву с поверхности площадью 100 см², при этом бактерии группы кишечной палочки должны отсутствовать, общее количество бактерий не должно превышать [21]:

- 100 клеток в 1 мл для емкостей, трубопроводов, деталей и узлов доильных аппаратов, охладителей;
- 200 клеток в 1 мл для кранов и заглушек;
- 300 клеток в 1 мл для деталей насосов, уплотнителей, прокладок.

Качество мойки рук работников фермы, задействованные на работе непосредственного контакта с молоком, контролируется не менее трех раз в месяц. Также берутся смывы с рук, в которых не допускается наличие бактерий группы кишечной палочки. Кроме того, проводится ежедневный осмотр рук работников на предмет наличия порезов и гнойничковых заболеваний [27 – 30].

Санитарную одежду контролируют 2 – 3 раза в неделю на наличие бактерий группы кишечной палочки.

Контроль питьевой воды осуществляется не менее 1 раза в месяц. Общее количество бактерий в 1 мл воды не должно превышать 100 клеток, коли-титр – не менее 300 мл [31].

Воздух производственных помещений, в том числе помещений хранения и отгрузки молока, проверяют не реже одного раза в пять дней, при этом общее количество бактерий не должно превышать 50 клеток на чашке Петри диаметром 100 мм. Не допускается присутствие дрожжей и плесеней.

Контроль вспомогательных материалов осуществляется с периодичностью одного раза в месяц. Общее количество бактерий не выше 10 клеток на 100 см², отсутствие бактерий группы кишечной палочки [32, 33].

Таким образом, основной задачей процессов мойки, очистки и дезинфекции при производстве сырого молока в условиях фермерских хозяйств является не допущение наличия патогенных бактерий группы кишечной палочки с возможностью минимизацией количества остальных видов бактерий и вирусов. Допустимые показатели биозагрязнения молока приведены в таблице 1.5

Молоко как сырье является питательной средой для размножения патогенных микроорганизмов [35 – 37]. В связи с чем, перед сельскохозяйственными фермами стоит задача по обеспечению санитарно-гигиенического состояния технологического оборудования по производству молочного сырья, в том числе емкостей сбора, хранения и транспортирования. Данное оборудование подлежит дезинфекции после тщательной мойки, так как остатки загрязнения снижают эффективность дезинфекции. В случаях длительного времени (свыше 6 часов) простаивания оборудования процесс дезинфекции производят повторно перед началом использования [17, 22].

Таблица 1.5 – Показатели безопасного уровня бактериологических загрязнений в молоке

Молоко сырое, Сорт	КМАФАнМ, КОЕ/см ³ , не более	Примечание
Высший	3 x 1e ⁵	соматические клетки не более 5 x 1e ⁵ в 1 см ³
Первый	5 x 1e ⁵	соматические клетки не более 1 x 1e ⁶ в 1 см ³
Второй	4 x 1e ⁶	
КМАФАнМ – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов		

Известно, микробная биопленка и ее метаболическая активность является первичным причиной ряда инфекционных процессов. Согласно

работе [36], основными факторами, способствующими формированию биопленки, являются шероховатость, рельеф, наличие конгломератов, дефектов (в виде зазубрин, некачественных сварных швов) материала поверхности и распределение свободной энергии на ней. Шероховатость поверхности особенно важна для прикрепления и накопления бактерий, при этом свободная энергия играет менее заметную роль.

Гидрофобное и электростатическое взаимодействие микроорганизмов с данной поверхностью выделяют как определяющее для формирования биопленки [22, 24, 36]. Также замечено, что содержание антибактериальных компонентов в материале (например, фтор) способствуют снижению количества бактерий на поверхности.

Достаточно хорошо изучены взаимодействия ряда патогенных организмов с такими материалами как керамика, металлы и полимеры [22, 36, 37]. Выделяют два механизма формирования биопленки на поверхности: адгезию и колонизацию. При этом, основным фактором механизма адгезии рассматривают общие принципы поверхностного натяжения биопленки. Методы подсчета колониеобразующих единиц носят визуальный характер по отобраным пробам с поверхности материала и в смыве. Для определения качественного антибактериального показателя материала применяют индекс первичной адгезии, формула В.Н. Царева [38]:

$$Ia = \frac{\lg A}{\lg N}, \quad (1)$$

где A – число бактерий, оставшихся после смыва на поверхности материала;

N – число бактерий в смыве.

Данные исследования носят общий характер и подлежат уточнению в процессах мойки и дезинфекции емкостей в производстве молока.

Задачей дезинфекции емкостей является инактивация патогенных вегетативных бактерий, микроорганизмов порчи, нативных токсинов и ферментов. Инактивация ферментов необходима для предотвращения

нежелательных изменений органолептических свойств и пищевой ценности молока. Снижение численности жизнеспособных микроорганизмов осуществляется по средствам физического (в том числе, теплового) или химического воздействия.

Традиционно в отрасли по производству молочного сырья и молочной промышленности в целом в качестве химических реагентов используют гидроксид натрия (каустическая сода), карбонат натрия (кальцинированная сода), сульфаминовая кислота, азотная кислота. Эффективность применения данных реагентов как моющих и дезинфицирующих средств ставится под сомнение Ж.И. Кузиной. В работе [22], ей приводятся факты, свидетельствующие о низкой эффективности данных химических агентов и трудоемкость процессов мойки и дезинфекции небольших деталей узлов и агрегатов молочного оборудования. В результате, на предприятиях по-прежнему используют ручной труд с применением скребков и металлических щеток и полной разборкой оборудования. Также отмечается перерасход химических реагентов и увеличенные затраты энергоносителей, особенно при низком качестве применяемой воды (с повышенной карбонатной жесткостью). Часто возникает необходимость проведения повторных процессов мойки и дезинфекции.

Тепловая обработка зависит от ряда факторов:

- физико-химических свойств материалов;
- теплопроводности материалов;
- термостойкости целевых микроорганизмов и ферментов;
- условия последующего хранения.

В работах [39 – 41] представлены данные термостойкости некоторых компонентов бактериологических загрязнений, таблица 1.6. Из них следует, что споры бактерий более устойчивы к тепловому воздействию, чем вегетативные клетки (D – время для сокращения количества микроорганизмов в 10 раз; z – показатель термостойкости).

Таблица 1.6 – Термостойкость компонентов бактериологических загрязнений

Компонент	D ₁₂₁ °C, мин.	z-показатель, °C
Вегетативные клетки	0,002 – 0,02	5 – 7
Споры	0,1 – 5,0	7 – 12

Инновационными технологиями тепловой обработки представлены омическим нагревом, микроволновым и радиочастотным воздействием.

В целом, существует необходимость создания единого комплекса технологических, химических, аппаратных и санитарно-гигиенических составляющих объединенных процессов мойки, очистки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования в производстве молока в пределах сельско-хозяйственных молочных ферм.

Молоко является естественным полезным питательным продуктом для человека и млекопитающих животных, однако для обитателей водоемов (рыб, ракообразных, моллюсков) и растений небольшие концентрации молока в воде и почве оказывают губительное влияние. Применение химических реагентов (ПАВ-детергентов, антисептиков) в процессах мойки, очистки и дезинфекции усложняет процесс утилизации отходов, которые представляют собой водно-молочный химический раствор. Недопустим прямой сброс таких отходов в водоемы и почву без предварительной химической и биологической подготовки, и в этом случае целесообразно производить слив жидкости в отстойник системы канализации для последующей фильтрации и разложения на элементы. Отработанные моющие растворы перед сбросом подвергают нейтрализации в отдельной емкости. Раствор считается не опасным и допустимым к сбросу в систему канализации при его нейтральной кислотности (рН) [42 – 47]. Кислотность раствора определяют методом титрования и регулируют путем добавления кислоты для повышения кислотности, либо добавлением щелочи – для ее снижения.

Персонал при работе с отходами должны носить защитную одежду, включая резиновые перчатки, сапоги, головной убор, защитные очки, респиратор.

1.5. Конструктивные особенности емкостей сбора, хранения и транспортирования молока влияющие на качество мойки и дезинфекции

Каталог одной из ведущих компаний в области оборудования для молочной промышленности Lechler GmbH позволяет классифицировать существующие емкости в молочном производстве по типам:

- 1) резервуары для хранения молочного сырья вертикального, закрытого типа;
- 2) резервуары для хранения молочного сырья горизонтального, закрытого типа;
- 3) резервуары для хранения молочного сырья вертикального, типа «термос»;
- 4) резервуары-охладители.

Первые два типа емкостей хранения предназначены для хранения молочного сырья, охлажденного до $t = 4-8^{\circ}\text{C}$ в течение 24 ч, в помещении. Друг от друга они отличаются своим расположением в пространстве и объемом (горизонтальные емкости больше вертикальных). Третий тип предназначен для хранения молочного сырья, охлажденного до $t = 4-8^{\circ}\text{C}$ в течение 24 ч, за пределами помещения при температуре окружающей среды в пределах $-25..+38^{\circ}\text{C}$. Все три типа имеют оснащение лопастными или пропеллерными перемешивающими устройствами. Четвертый тип предназначен для сбора, охлаждения молочного сырья с температуры 35°C до 4°C и хранения при $t = 4-6^{\circ}\text{C}$. Такого типа емкости чаще всего используются в фермерских хозяйствах малой мощности. У них также есть теплоизоляция и перемешивающие устройства, однако, как правило, такие емкости из-за небольших объемов моются и дезинфицируются ручным способом.

Применяемый материал как для внутренней колбы, так и для внешней облицовки, представляет собой нержавеющую сталь.

Основные требования предъявляемые к емкостям транспортирования являются простота и надежность эксплуатации емкости и ее отдельных

элементов (люк, сливные горловины, измерительное оборудование, насосы и другое), соблюдение гигиены груза (молока) в моменты транспортирования и технологических операций погрузки-выгрузки (залива-слива), обеспечение высокого качества и простоты мойки внутренних поверхностей емкости и отдельных элементов, интегрированных в конструкцию. Под простотой мойкой понимается доступность всех элементов емкости, установленных узлов и агрегатов для проведения процедуры их мойки, а также относительная легкость удаления всех возможных видов загрязнения, образующихся в процессе транспортирования молока. Выполнение данного требования одна из сложных конструкторско-технологических задач. Процесс мойки усложняется при наличии углов, сварных швов, соединительных элементов, уплотнителей, кранов, колен наливных и сливных трубопроводов, клапанов, малых размеров люков, насосов, большого количества применяемых в них материалов.

Емкости транспортирования молока-сырья делятся по объему вместимости: малой вместимости – бидон, средней – фляга, большой – цистерна. Для бидонов и фляг применяются стандартные формы емкостей. В свою очередь цистерны классифицируются по форме сечения следующим образом: цилиндрические, эллиптические, прямоугольные. При транспортировании молока последняя форма не применяется (прямоугольное сечение используется для транспортировки воды).

Объем цистерны цилиндрической формы вычисляют по формуле:

$$V_u = \frac{\pi d^2 l}{4} \cdot 1000, \quad (2)$$

где d – внутренний диаметр емкости, м;

l – расстояние от передней стенки до задней (вдоль осевой линии), м;

V_u – объем, л.

Для эллиптической:

$$V_s = \frac{\pi(d+b)^2 l \cdot 1000}{16}, \quad (3)$$

где b – внутренняя ширина, м;

V_3 – объем, л.

Независимо от типа емкости транспортирование производится в герметично закрытыми крышками (люками) и с кранами (клапанами). Недопустимо в процессе транспортирования протекание через системы кранов (клапанов) и контактирование молочного сырья с атмосферой [48 – 57].

В качестве материалов для емкостей сбора, хранения и транспортирования, доильных аппаратов целесообразно применять материалы нетоксичные, химически инертные к молоку, не подвергающиеся коррозии, не способные выступать в качестве абсорбента. Наиболее распространенными материалами среди рассматриваемых емкостей являются нержавеющая сталь (AISI 300 серии) и пищевой алюминий, стекло. Стандартом [51] предусмотрено для емкостей применение других сплавов конструкционной стали с применением четырехслойного покрытия из никеля, меди и хрома общей толщиной не менее 42 мкм или такой же толщины двуслойного покрытия из хрома. Однако с применением металлов в конструкции емкостей для дальнейших процессов мойки, очистки и дезинфекции остаются шероховатость внутренних поверхностей, а также сварные швы в конструктивных элементах. В связи с чем, перспективными материалами для данных емкостей могут стать материалы: поливинил хлорид (ПВХ, PVC), полиэтилен (PE), акрилонитро-бутадиен-стирен (ABS), другие эквивалентные полимерные материалы.

Так согласно работе [59, 60] особое внимание уделяется анизотропным материалам в связи с появлением новых композиционных материалов. Такие материалы образованы из двух составляющих: тонкие волокна и связующее вещество. Первые обеспечивает прочность и жесткость материала, а второе – монолитность и совместную работу волокон. Для транспортировки молочного сырья особое внимание следует уделить именно связующему материалу. В качестве такого материала возможно применить смолы из вышеизложенных полимеров, а также алюминиевые сплавы.

Применение конструктивных решений с использованием полимеров стала более доступной технология намотки цистерны на форму. В результате, за счет тщательно откалиброванной формы, возможно добиться гладкой внутренней поверхности колбы цистерны и минимизировать количество швов и иных неровностей. В свою очередь, за счет гладкости и малой смачиваемости поверхности повысится чистота. Кроме того, экономия массы котла цистерны может повысить грузоподъемность транспортного средства и увеличить полезную нагрузку (увеличить возможную массу молочного сырья) до 35 % [61].

Постоянно существует необходимость совершенствования конструкции цистерн молоковозов выражающееся в улучшении их технико-экономических показателей, обеспечением сохранности перевозимого молочного сырья более длительное время, а также в повышении безопасности дорожного движения. Существует большое количество конструктивных решений цистерн [61 – 64], однако такое многообразие свидетельствует о том, что до настоящего времени не выработан единый оптимальный подход к конструированию данных систем. Это может быть связано с отсутствием удовлетворительной математической модели описания взаимодействия твердых и жидких тел. Стандартизированы только исполнения цистерн.

Конструкций цистерн представлены следующими исполнениями [65]:

- А – цистерны без средств измерения объема;
- В – цистерны со средствами измерения объема;
- С – цистерны-транспортные меры.

Следует учитывать, что применение цистерн исполнений В и С при перевозке молочного сырья ведут к дополнительным усложнениям процессов мойки и дезинфекции в виду появления дополнительных поверхностей.

Основными требованиями к конструкции цистерны можно отнести следующие [66, 67]:

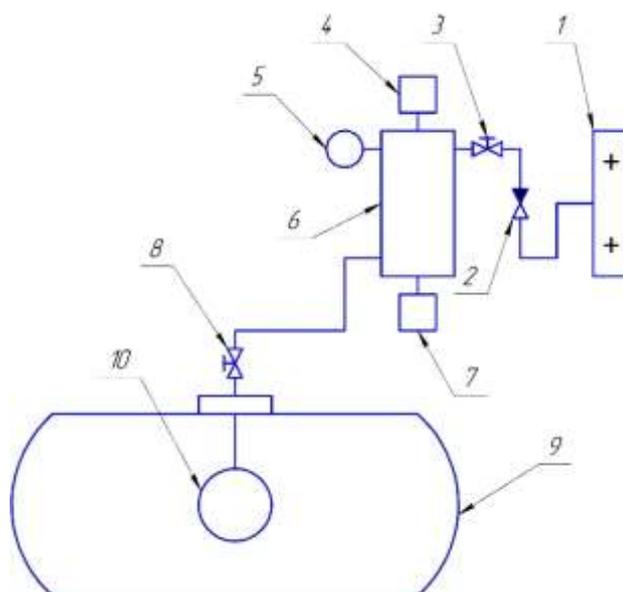
- герметичность и прочность секций;

- полное опорожнение самотеком на площадке с отклонением от горизонтали не более 10 мм на 1 м длины;
- предотвращение загрязнения молока газами, жидкими и твердыми веществами при технологических процессах транспортирования;
- предупреждение скопления воздуха в секциях;
- заполнение без вспенивания молока;
- исключение гидравлических ударов при движении;
- техническое оснащение цистерны (насос, места присоединения трубопроводов, инвентарные рукава) должны быть защищены от грязи и пыли;
- обеспечение удобной безопасной санитарной обработки внутренних и наружных поверхностей без пребывания людей внутри емкости.

Заполнение цистерн молочным сырьем осуществляется посредством насосов внешних, установленных у грузоотправителя в фермерском хозяйстве, либо внутренних, являющихся элементом конструкции цистерны молоковоза. В качестве конструктивного решения может применяться в качестве насоса двигатель молоковоза, который с помощью создаваемого разрежения во впускном трубопроводе коллектора отсасывает воздух из цистерны, на рисунке 1.6 представлена принципиальная схема такой конструкции.

Одним из распространенных видов моек цистерн молоковозов является под высоким давлением. Существующие мобильные системы, отличающиеся относительной компактностью, имеют максимальную производительность в пределах 15-20 цистерн в сутки. Автоматизация данных систем не влияет на время непосредственного процесса мойки, однако она позволяет снизить некоторые излишние затраты воды, энергоносителей и моющих реагентов, а также улучшить условия труда обслуживающего персонала. При этом стандарт [61] предусматривает в качестве вида мойки для внутренних поверхностей цистерн струйную промывку под давлением или иным механизированным способом с применением моющих средств, не

оказывающих разрушающее воздействие на материал цистерны. Давление моющего раствора должно быть не менее 300 кПа. Для избегания вспенивания моющего раствора, рекомендуется наполнять цистерну снизу.



- 1 – впускной коллектор двигателя; 2 – пробковый клапан;
 3 – обратный клапан; 4 – предохранительный клапан; 5 – вакуумметр;
 6 – жидкоотделитель; 7 – слив; 8 – соединительный клапан;
 9 – колба цистерны; 10 – пеногаситель

Рисунок 1.6 – Принципиальная схема наполнения цистерны молоковоза

Процессы мойки и дезинфекции цистерн молоковозов усложняется внесением в их конструкцию дополнительных элементов обеспечения безопасности дорожного движения в виде дополнительных перегородок (если считать основными – перегородки между секциями многосекционных цистерн) – волнорезов. Данные элементы необходимы для снижения гидродинамического воздействия перевозимого молочного сырья. Установку волнорезов [63] рекомендуют осуществлять через каждые 4 м. Такие конструкции снижают эффективность моек высоким давлением, затрудняет использование роботизированных систем и ручной мойки персоналом.

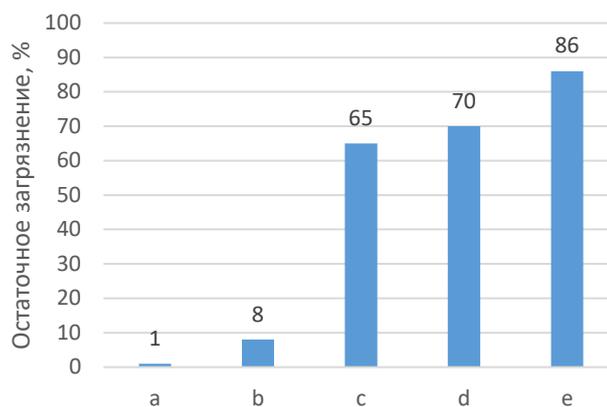
Альтернативой может служить акустическая очистка. Относительными преимуществами акустической очистки можно назвать следующие [68]:

- небольшая стоимость установки;
- меньшее время, необходимое для очистки по существующим стандартам;
- ультразвуковая очистка более эффективна при удалении твердых загрязнений;
- меньше повреждений поверхностей;
- возможность комбинирования с иными методами очистки.

На рисунке 1.7 представлен график эффективности различных методов очистки согласно работе [68].

Существует два основных механизма технологии акустической очистки поверхностей: акустическая кавитация и акустические волновые потоки.

Акустическая кавитация создает в рабочей жидкости пузырьки, которые в процессе растут, а затем схлопываются. Пузырьки растут во время фазы низкого давления, когда растворенный в воде газ собирается в объем, после достижения максимально возможного размера при заданном давлении окружающей среды (жидкости) данный объем взрывается во внутрь (схлопывается). При этом схлопывании возникает микроскопическая реактивная сила в жидкости, которая может воздействовать на небольшую часть поверхности и очистить ее. Так как таких объемов воздуха на границе раздела жидкость – твердое тело возникает огромное количество, то очистке подвергается вся площадь поверхности. Данный механизм технологии способен очищать поверхности от различных загрязнений в том числе органических. Однако механизм кавитации требует определенных условий гидростатического давления, температуры, концентрации газа в жидкости, частоты акустических волн. Кроме того, существует негативный фактор разрушения поверхностей от усталостных напряжений – кавитационная эрозия.



a – ультразвуковой; b – механической щеткой; c – паром;
d – гидродинамический; e – сжатым воздухом

Рисунок 1.7 – Эффективность методов очистки

Принцип акустических волновых потоков основывается на гидродинамическом эффекте. Однако общим принципом для двух механизмов является создание в среде звуковых волн заданной частоты. Частоты волн могут быть разными для каждого вида поверхностей и колеблются от 20 кГц до 200 кГц для ультразвука и от 850 кГц до 900 кГц для мегазвука. Данные частоты носят условный характер, в настоящее время они подбираются экспериментальным путем каждому виду материала поверхностей.

Частоту и интенсивность акустических волновых потоков подбирают в соответствии с толщиной слоя загрязнения:

$$\delta = \sqrt{\frac{2\nu}{\omega}}, \quad (4)$$

δ - толщина слоя, м;

ν - кинематическая вязкость, м²/с;

ω - акустическая частота, Гц.

Звуковые волны оказывают изменяющееся синусоидально давление на загрязнение в жидкой среде, при этом нарушая межмолекулярную связь частиц загрязнения, что обеспечивает их отделение от отмываемой поверхности.

В общем случае, технологии акустической очистки носят экологический характер, что обуславливается возможностью не применения химических токсичных реагентов в процессе очистки. Химические процессы мойки требуют большого объема дорогостоящих реагентов, которые также могут разрушать очищаемые поверхности, что особенно проявляется на поверхностях тонких изделий (мембранах). Также эти технологии обладают дезинфицирующим эффектом – сила схлопывания достигает до 1000 бар, большинство микроорганизмов не могут выдержать многократное воздействия такой силы [61, 67].

Технологии акустической очистки широко применяются в различных отраслях народного хозяйства: микроэлектронике, морской биологии, медицине, пищевой промышленности, в процессах фильтрации, в том числе в производстве молочного сырья сельского хозяйства.

Основным параметром конструкции емкостей, затрудняющий процессы мойки и дезинфекции является шероховатость поверхностей конструктивных элементов.

Для внутренних поверхностей емкостей хранения и транспортирования установлено предельное максимальное значение $Ra = 2,5$ [69, 70]. Однако, данное значение на современном этапе развития материалов можно снизить за счет применения полимерных материалов, которые можно разделить на следующие основные виды:

- терморезистивные пластмассы. Изготавливаются на основе фенолформальдегидных смол (древопластик, текстолит, пропитанные смолой ткани, стеклопластик);
- термопластичные пластмассы (плексиглас, винипласт, полиэтилен, фторопласт);
- полиамиды (капрон, нейлон);
- резины. Материалы на основе натурального или искусственного каучука. Применяется как уплотнительный элемент.

1.6. Выводы по главе

1. Существующие способы мойки и дезинфекции молочного оборудования не обладают полноценно оптимальным состоянием чистоты поверхности при низком потреблении ресурсов, энергии и малой длительности процесса. Наиболее эффективным способом мойки и дезинфекции с точки зрения производительности, экономичности, безопасности и надежности при заданном качестве молока является создание мелкодисперсной среды путем распыления реагента.

2. Обзор способов и конструкций мойки и дезинфекции емкостей показал, что они предназначены только для пищевой промышленности без учета особенностей производства молока в фермерских хозяйствах.

3. Обзор литературных источников показал, что процессы отмыывания загрязнений и дезинфекции микрофлоры методом распыления ультрамалого объема реагента являются малоизученными.

4. Обзор емкостей сбора, хранения и транспортирования молока показал, что наиболее низкий уровень механизации и автоматизации мойки и дезинфекции характерен для емкостей вместимостью до 300 л, к которым относятся доильные ведра, бидоны, фляги, бочки, танки и малогабаритные цистерны.

5. На основании проведенного обзора сформулированы цели и задачи исследования.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЕМКостей СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МОЛОКА

2.1. Теоретические исследования процесса загрязнения поверхностей

Механизм оседания твердых частиц на поверхностях оборудования основывается либо на силе тяжести, либо на силах Ван-дер-Ваальса, когда частицы находятся в жидкой фазе.

Предлагают определять силу Ван-дер-Ваальса по следующей формуле [71, 72]:

$$F_{vdw} = \frac{A_{132}R}{6Z^2}, \quad (5)$$

где A_{132} – константа Хамакера для субстанции (частицы) 1 и поверхности 2 в среде (жидкости) 3, рассчитываемая для двух различных материалов в заданной среде по формуле:

$$A_{132} = A_{33} + A_{21} - A_{32} - A_{31}, \quad (6)$$

при этом для двух разных материалов в вакууме константа вычисляется по уравнению:

$$A_{ij} = \sqrt{A_i A_j}, \quad (7)$$

R – сферический радиус частицы, мкм;

Z – расстояние между частицей и слоем, (обычно принимается равное 400 мкм), мкм.

В таблице 2.1 представлены константы Хамакера для некоторых веществ и материалов.

Таблица 2.1 – Константы Хамакера веществ и материалов в вакууме

Вещество / материал	$A \cdot 10^{20}$
Вода	4,4
Полиэтилен	3,8
Полистирол	7,8-9,8

Дерягин, Ландау, Верей и Овербик комбинируют эффект Ван-дер-Ваальса и электростатического воздействия в пограничном диффузионном слое поверхности, объясняя процесс осаждения частиц. Электростатический потенциал поверхности определяется по формуле [72 – 74]:

- для плоской поверхности:

$$\psi = \psi_0 \exp(-kx), \quad (8)$$

- для сферической поверхности:

$$\psi = \psi_0 \left(\frac{r}{a} \right) \exp(-k(a-r)), \quad (9)$$

где ψ – потенциал, мВ;

ψ_0 – потенциал поверхности, мВ;

x и a – расстояние между частицей и поверхностью, мкм;

r – радиус частицы, мкм;

$$\frac{1}{k} = \frac{\varepsilon_r \varepsilon_0 K T}{2 n_0 Z_i e^2}, \quad (10)$$

где ε_r - диэлектрическая проницаемость в среде мкФ/мкм;

ε_0 - диэлектрическая проницаемость в вакууме, мкФ/мкм;

K - константа Больцмана;

T - температура, °К;

Z_i - валентность i -го иона;

e - электрический заряд, Кл;

n_0 - количество ионов каждого типа, шт.

Фактически данное отношение определяет толщину электростатического слоя.

Таким образом, общая энергия электростатического взаимодействия может быть определена следующим образом:

$$F_E = \frac{\varepsilon_r r}{2} (\psi_1^2 + \psi_2^2) \frac{k \exp(-kD)}{1 - \exp(-2kD)} \left(\frac{2\psi_1 \psi_2}{\psi_1^2 + \psi_2^2} - \exp(-kD) \right), \quad (11)$$

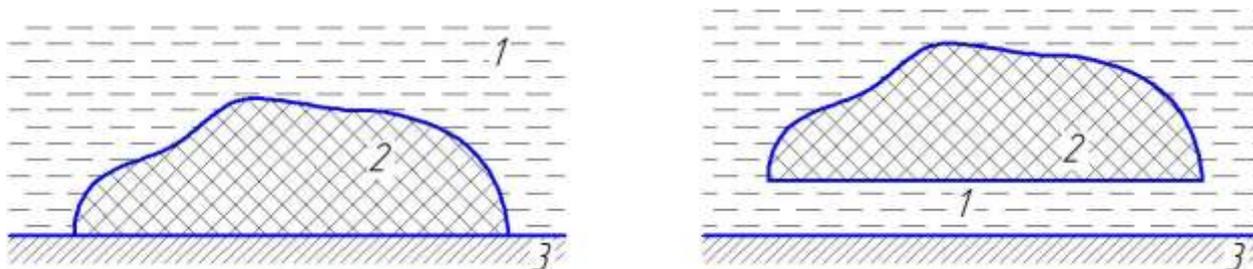
D - кратчайшее расстояние между частицей и поверхностью;

ψ_1, ψ_2 - электрический потенциал соответственно частицы и поверхности.

Механические частицы с поверхности могут быть удалены либо их растворении в химическом растворе, либо физическим удалением, как дополнительное средство к химическому или как самостоятельное.

2.2. Теоретическое исследование мойки и дезинфекции поверхностей с применением поверхностно-активных веществ

Ослабление прилипания загрязнения к твердой поверхности обусловлено ее гидрофилизацией. Если до введения моющего средства в воду жировое загрязнение, обладая большей смачивающей способностью, чем вода, расплывалось по твердой поверхности, то после его введения получаемый моющий раствор адсорбировал частицы загрязнения, собирая их в единую относительно легкоудаляемую субстанцию. Добавление в моющий раствор электролита обнаруживает вторичное моющее действие – поверхностное мылообразование (омыление всей поверхности загрязнения), что особенно характерно для жировых загрязнений. На рисунке 2.1 представлена схема отмывания загрязнения от твердой поверхности с обозначением границ фаз раздела.



1 – вода; 2 – загрязнение; 3 – твердая поверхность

Рисунок 2.1 – Общая схема процесса отмывания

Рибендер рассматривал прилипание частиц жирового загрязнения к отмываемой поверхности как типичное молекулярно-поверхностное явление, обусловленное свободным (избыточным) силовым полем поверхностных молекул. Таким образом, проблема прилипания загрязнения к твердой поверхности и последующий процесс ее мойки объединяется с другими проблемами технического характера: смачивание и склеивание. За меру интенсивности прилипания загрязнения к твердой поверхности Рибендер принял убыль свободной энергии в изотермическом процессе прилипания, иначе коэффициент прилипания [11]:

$$f(0) = -\frac{dF}{dS} = \sigma_{2-1} + \sigma_{3-1} - \sigma_{2-3} = -(\sigma_{2-3} - \sigma_{3-1} - \sigma_{2-1}) > 0, \quad (12)$$

Моющий раствор резко понижает коэффициент прилипания путем адсорбции на граница раздела 1-2 и 1-3. При соответствующей концентрации © моющего раствора коэффициент прилипания становится равным:

$$f(c) = f(0) - (\Delta\sigma_{2-1} + \Delta\sigma_{3-1}) < f(0), \quad (13)$$

$$f(c) = \sigma_{2-1}(c) + \sigma_{3-1}(c) - \sigma_{2-3}, \quad (14)$$

В соответствии с уравнение Гибса:

$$\Delta\sigma_{2-1} = \sigma_{2-1}(0) - \sigma_{2-1}(c) = RT \int_0^c \frac{\Gamma_{2-1}}{c} dc, \quad (15)$$

$$\Delta\sigma_{3-1} = \sigma_{3-1}(0) - \sigma_{3-1}(c) = RT \int_0^c \frac{\Gamma_{3-1}}{c} dc, \quad (16)$$

где Γ – адсорбция на загрязнении и отмываемой поверхности., моль/м².

Окончательно, уравнение коэффициента прилипания примет следующий вид:

$$f(c) = f(0) - RT \int_0^c \frac{\Gamma_{2-1} + \Gamma_{3-1}}{c} dc. \quad (17)$$

Прилипание загрязнение к твердой поверхности также можно описать с позиции угла критического наклона (отрыва) стенки, при котором частицы загрязнения начинают соскальзывать, то есть по пространственному

положению отмываемой поверхности. Снижение коэффициента прилипания ведет к понижению критического угла отрыва.

Для жирового загрязнения молоком коэффициент прилипания выражается через краевой угол смачивания по следующей формуле [11]:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{2-3} - \sigma_{1-3}}{\sigma_{1-2}}, \quad (18)$$

в результате:

$$f(0) = \sigma_{2-1}(1 - \cos \theta). \quad (19)$$

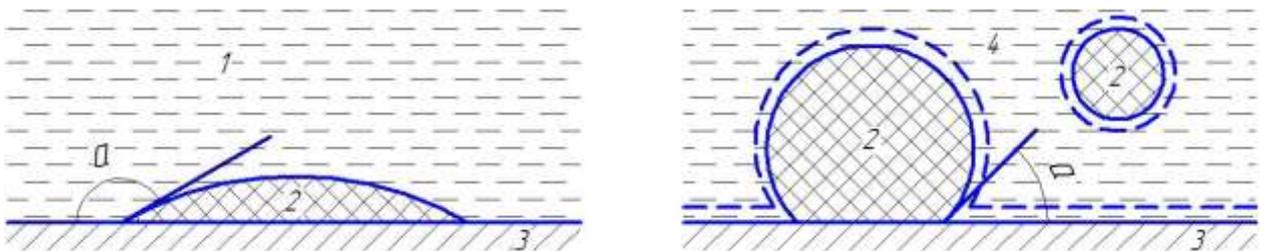
Однако в виду того, что жировое загрязнение было нанесено на твердую поверхность до использования водного раствора значение смачивания не может считаться равновесным (гистерезис смачивания), необходимо внести в формулу корректировку:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{2-3} - \sigma_{1-3} - \varphi}{\sigma_{1-2}}, \quad (20)$$

$$f(0) = \sigma_{2-1}(1 - \cos \theta) - \varphi, \quad (21)$$

где φ – сила трения вдоль периметра смачивания загрязнения, Н.

Под влиянием адсорбции коэффициент прилипания жирового загрязнения к отмываемой твердой поверхности понижается – происходит процесс отмывания. Адсорбированные частицы загрязнения относительно легко отстают от отмываемой твердой поверхности при механическом воздействии и далее эмульгируются в поверхностные слои моющего раствора, рисунок 2.2.



1 – вода; 2 – загрязнение; 3 – отмываемая поверхность; 4 – моющий раствор

Рисунок 2.2 – Схема процесса отмывания жирового загрязнения молока с твердой поверхности

Режимы мойки и дезинфекции емкостей транспортирования и хранения молока определяет совокупность показателей: скорость жидкости при мойке, температура моющего раствора, длительность контакта с ним загрязнений на обрабатываемых поверхностях [75 – 78]. Показатель скорости жидкости особенно важен для емкостей при сливе, рекомендуемые показатели приведены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Рекомендуемые показатели режима мойки и дезинфекции элементов емкостей транспортирования, сбора и хранения молока

Параметры	Значения
Температура моющих растворов, °К	338 – 343
Скорость течения раствора, м/с	0,2 – 0,4
Продолжительность мойки, мин.	10 – 15

Процесс удаления загрязнений со стенок емкостей состоит из двух этапов [79, 80]:

- 1) предварительное набухание и пептизация пленки в растворе;
- 2) сдвиг пленки потоком раствора.

По Веприцкому А.С. и Брагиной А.Е. работа адгезии пленки загрязнений со стенок W должна быть меньше работы потока моющего раствора W_m [11]:

$$\rho\tau \cdot \left(\varphi \frac{A}{2} + 3A_2 \right) \cdot \left(\frac{\text{Re} \cdot \nu}{d} \right)^3 > \sigma_{ж-в} \cdot (1 + \cos \theta), \quad (22)$$

где ρ - плотность моющего раствора, кг/м³;

τ - длительность мойки, мин.;

A и A_2 - площади поверхностей трения емкости и поперечного сечения потока раствора, м²;

$\sigma_{ж-в}$ - межфазная энергия на границе жидкость-воздух, Дж;

θ - угол смачивания материала, рад.;

ν - кинетическая вязкость раствора, Ст;

d - характерный размер, м;

Re - число Рейнольдса;

φ - безразмерный коэффициент.

По Доронину Б.А. белково-липидная оболочка на поверхности образует пристенный слой загрязнений толщиной $\delta_{пр}$ и основной слой над ним – $\delta_{оп}$. Кинетика удаления этих слоев различна [81 – 88].

Скорость моющего раствора зависит от режима мойки и определяется характером течения потока, основным параметром которого является число Рейнольдса Re . Необходимая для удаления загрязнения скорость потока должна удовлетворять условию:

$$v_{MP} \geq \left(\frac{10,2\sigma_{1-3} + 3 \cos^2 \frac{\theta}{2} \cdot d^{0.25} \cdot \sin \theta^{0.57}}{v^{0.25} \rho \cdot R_{жс}} \right) \cdot \left(12 \sin^4 \frac{\theta}{2} - 8 \sin^6 \frac{\theta}{2} \right)^{0.19}, \quad (23)$$

где σ_{1-3} - межфазная энергия на границе молочного жира – моющего раствора, Дж/м²;

$R_{жс}$ - средний радиус жировых шариков, м.

Работа на отделение крайнего шарика молочного жира:

$$A_1 = F \cdot \Delta a, \quad (24)$$

где F - касательная сила трения, действующая на жировой шарик со стороны потока жидкости, Н;

Δa - путь сдвига жирового шарика.

Условие отрыва жирового шарика под действием энергии потока моющего раствора:

$$F \cdot \Delta a \geq \delta_{1-3} \cdot (1 + \cos \theta) \cdot \Delta f + (2F_1 + F_2) \cdot \Delta a, \quad (25)$$

где δ_{1-3} - межфазная энергия на границе молочный жир – моющий раствор, Дж;

θ - краевой угол смачивания, рад.;

Δf - приращение площади контакта жирового шарика с поверхностью на пути сдвига, м²;

F_1 и F_2 - касательная и нормальная силы слипания жировых шариков, Н.

Если пренебречь F_1 и F_2 , то скорость потока пленки загрязнений для области квадратичных сопротивлений шероховатых поверхностей примет вид:

$$v = \alpha \cdot \left(\frac{8\delta_{1-3} \cdot (1 + \cos \theta) \cdot \Delta f}{0.25\rho \cdot f_3 \cdot \Delta a} \right)^{0.5} \cdot \lg \frac{\Delta R}{3.7}, \quad (26)$$

где ρ - плотность моющего раствора, кг/м³;

f_3 - площадь трения моющего раствора о жировой шарик на стенке поверхности, м²;

ΔR - относительная шероховатость поверхности, мкм:

$$\Delta R = \frac{\Delta}{d}, \quad (27)$$

где d - экспериментальный коэффициент.

Приращение площади:

$$\Delta f = 2R_1 \cdot \Delta a + 4R_2 \cdot \Delta a, \quad (28)$$

$$\text{где } R_1 = \frac{1.6R_{жс} \cdot \sin \theta}{\left(12 \sin^4 \frac{\theta}{2} - 8 \sin^6 \frac{\theta}{2}\right)^{0.33}} \text{ и } R_2 = \frac{1.6R_{жс} \cdot \sin \theta_{жс}}{\left(12 \sin^4 \frac{\theta_{жс}}{2} - 8 \sin^6 \frac{\theta_{жс}}{2}\right)^{0.33}} -$$

радиусы контакта сегментов жировых шариков;

$\theta_{жс}$ - краевой угол смачивания жировых шариков в контакте друг с другом, рад.

Площадь трения моющего раствора о жировой шарик у стенки поверхности:

$$f_3 = 2\pi R_c - 4\pi R_2. \quad (29)$$

Объем жирового шарика, приняв допущение $V_{ж} = V_c$, выражается следующим образом:

$$\begin{aligned} \frac{4}{3} \pi R_{\Sigma}^2 &= \frac{4}{3} \pi R_c^2 - \pi h_2^2 \cdot (3R_c - h_2) - \frac{1}{3} \pi h_1^2 \cdot (3R_c - h_1) = \\ &= \frac{4}{3} \pi R_c^2 - \pi R_2^2 \cdot \operatorname{ctg}^2 \frac{\theta_{\Sigma}}{2} \cdot \left(3R_c - R_2 \cdot \operatorname{ctg} \frac{\theta_{\Sigma}}{2} \right) - \frac{1}{3} \pi R_1^2 \cdot \operatorname{ctg}^2 \frac{\theta}{2} \cdot \left(3R_c - R_1 \cdot \operatorname{ctg} \frac{\theta_{\Sigma}}{2} \right) \end{aligned} \quad (30)$$

2.3. Теоретическое исследование влияния шероховатости на мойку и дезинфекцию поверхностей

Среднее арифметическое отклонение точек профиля от средней линии в пределах базовой длины определяется по формуле [69]:

$$R_a = \frac{\sum_{i=1}^n h_i}{n}, \quad (31)$$

где h_i – отклонение i -й точки, мкм.

R_z – высота неровностей профиля – среднее значение абсолютных высот пяти наивысших выступов $h_{i \max}$ и глубины пяти наибольших впадин $h_{i \min}$ профиля в пределах базовой длины определяется по выражению:

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 h_{i \max} + \sum_{i=1}^5 h_{i \min}}{5}, \quad (32)$$

где $h_{i \max}$ и $h_{i \min}$ – соответственно значение выступов и впадин, мкм.

Редко применяется средняя квадратичная шероховатость R_{ms} , определяющаяся как среднее значение измеренных отклонений от средней плоскости.

Большинство поверхностей обладают некоторой неоднородностью и шероховатостью. В связи с чем, целесообразно предусмотреть поправочный коэффициент, чтобы его было возможно учесть в известной формуле изменения свободной энергии при отклонении системы от равновесия. В некоторых работах [89 – 91] предлагается коэффициент учета шероховатости, исходя из следующего соотношения:

$$k_{изм} = \frac{L_{\phi}}{L_{изм}}, \quad (33)$$

где L_{ϕ} – фактический линейный размер, м;

$L_{изм}$ – измеряемый линейный размер, м.

Под линейным размером здесь понимаются геометрические параметры: длина, площадь, объем.

В результате, формула свободной энергии примет вид:

$$\Delta E = 2\pi R \cdot \sin \theta \cdot \Delta x \cdot [k_{изм} \cdot (\sigma_{ТЖ} - \sigma_{ТГ}) + \sigma_{ЖГ} \cdot \cos \theta], \quad (34)$$

где R – радиус капли, м;

Δx – перемещение точки равновесия, м;

θ – краевой угол, рад.;

$\sigma_{ТЖ}$, $\sigma_{ТГ}$, $\sigma_{ЖГ}$ – удельные свободные поверхностные энергии на границе раздела фаз: твердое тело – жидкость; твердое тело – газ; жидкость – газ, Дж.

При этом следует отметить, что при отсутствии свободной энергии ($\Delta E=0$) справедливо следующее отношение (уравнение Юнга с учетом коэффициента шероховатости):

$$\cos \theta = k_{изм} \cdot \frac{\sigma_{ТГ} - \sigma_{ТЖ}}{\sigma_{ЖГ}} = k_{изм} \cdot \cos \theta_0, \quad (35)$$

где θ_0 – истинный краевой угол, рад..

Таким образом, шероховатость оказывает следующее влияние на угол смачиваемости:

- уменьшает острый угол;
- увеличивает тупой угол.

Однако, данный коэффициент шероховатости не может быть полноценно применен. Формула (33) есть отношение реального размера к измеренному, очевидно, такое отношение всегда будет больше 1. Следовательно, рассматривая формулу (35) в предельном случае, когда истинный краевой угол близок к π (180°), косинус угла равен -1. Таким образом увеличение данного отношения в $k_{изм}$ раз ведет к тому, что косинус

фактического угла будет меньше -1, чего быть не может. То же наблюдается в области малых углов. В связи с чем такой подход нуждается в пересмотре.

Задаваясь граничными значениями $k_{ш} \in [0;1]$, целесообразно принять коэффициент шероховатости обратным соотношением:

$$k_{ш} = \frac{L_{изм}}{L_{ф}}, \quad (36)$$

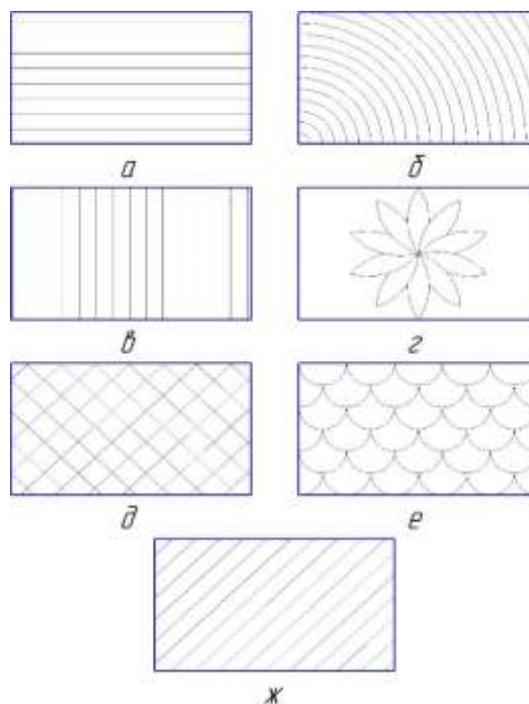
Тогда

$$k_{ш} \cdot \cos \theta = \cos \theta_0. \quad (37)$$

Согласно [61, 90 – 101] существующие технологические подходы в обработке металлических поверхностей позволяют классифицировать шероховатости по типу направлений неровностей, рисунок 2.3. Очевидно, что помимо глубины рельефа и материала на загрязняемость поверхности оказывает влияние общее направление неровностей. В связи с чем в общей формуле целесообразно применить коэффициент, учитывающий основное характерное направление неровностей, $k_{напр}$ – коэффициент направления неровностей.

Значение данного коэффициента, определяется вектором силы, действующей на молекулы загрязнения в области отмываемой поверхности. Так для вертикальных поверхностей (например, емкостей хранения) вектором действующей результирующей силы будет являться вектор силы тяжести (при условии ламинарного движения моющей жидкости, «самотеком»), в связи с чем, значение коэффициента будет близко к 1 при перпендикулярном типе направления неровностей. Для поверхностей, располагающихся под углом в двух плоскостях (например, емкости транспортирования – цистерны), в зависимости от конструктивных особенностей и том же векторе силы тяжести, значение коэффициента будет стремиться к 1 при диагональном типе. В свою очередь, для трубопроводов доильных аппаратов при осуществлении циркуляционной мойки вектор результирующей силы совпадает с вектором движущей силы потока моющей жидкости, независимо от состояния течения,

ламинарное или турбулентное, так как общий вектор турбулентного течения соответствует направлению трубопровода. Таким образом, коэффициент примет оптимальное значение при параллельном типе направлений неровностей.



- а) параллельное; б) кругообразное; в) перпендикулярное; г) радиальное;
 д) перекрещивающееся; е) произвольное; ж) диагональное

Рисунок 2.3 – Типы направлений неровностей

Исходя из вышеизложенного, целесообразно предложить зависимость рассматриваемого коэффициента от типа направлений неровностей:

$$k_{напр} = 1 + tg\alpha, \quad (38)$$

где α – угол между вектором результирующей движущей силы потока моющей жидкости и общей осью вдоль направлений неровностей поверхности.

Значения угла принадлежат отрезку $\alpha \in \left[0; \frac{\pi}{2}\right]$, так как отсчет угла начинается от оси в ближайшую сторону вектора. Наихудшим сценарием является угол $\alpha = \frac{\pi}{2}$, при нем $k_{напр} \rightarrow \infty$. Другое предельное значение $\alpha = 0$

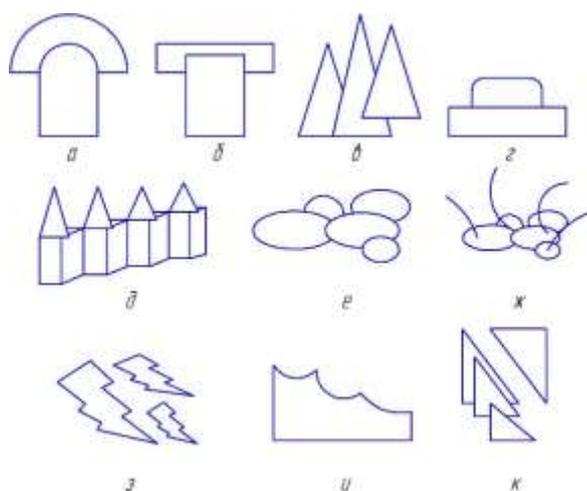
позволяет применить оптимальное значение $k_{напр} = 1$, которое не оказывает негативного влияния на режим мойки поверхностей.

Коэффициент направлений неровностей невозможно полностью исключить из базового уравнения мойки поверхностей емкостей хранения и транспортирования даже при применении полимерных материалов. Наиболее распространенные промышленные технологии основаны на использовании шаблонов для формирования внутренних поверхностей емкостей (например, технологии литья, прессования, намотки и другие), на внутренних поверхностях зеркально отображаются неровности шаблонов, сохраняя при этом их направленность. Однако, для трубопроводов из полимерных материалов и стекла, формирующихся путем вытягивания, направления неровностей всегда оптимально, то есть $\alpha \rightarrow 0$, что также характерно для металлических трубопроводов, изготовленных по указанной технологии.

Коэффициенты шероховатости и направлений неровностей поверхности основываются на геометрическом подходе Евклидова пространства и применимы в рамках традиционного представления о форме элементов рельефа поверхности как о периодическом чередовании впадин и выступов, что, например, характерно для обработки резанием. В связи с интенсивным развитием методов обработки концентрированным потоком энергии (лазерная, электроэрозионная, плазменная обработки) и нанотехнологий (парофазное осаждение металлов, химическая сборка, атомно-слоевая эпитаксия, зольные процессы, гель-процессы) и применением биологических материалов и наноструктур возникают трудности в описании рельефа поверхности профильным методом.

Шероховатость, полученная в результате воздействия потока энергии, высокого давления, механических колебаний, акустических колебаний, высокоскоростной газовой среды имеют отличный от приведенных на рисунке 2.3 тип. На рисунке 2.4 приведены типы элементов шероховатости поверхности согласно [91, 102, 103]. Распределение данных элементов не

носит закономерного периодического распределения по поверхности и имеет различную плотность вероятностей на ней.



- а) грибообразный; б) Т-образный; в) пики; г) сплэты; д) ботиroidальные;
е) глобулы; ж) висперы; з) гребни; и) лунки; к) муар

Рисунок 2.4 – Рельефы поверхностей, обработанных с использованием технологий концентрированных потоков энергии

В своих работах А.Н. Колмогоровым были описаны законы развития кластерной структуры обрабатываемой поверхности. Данные законы позволяют смоделировать кластерную структуру как групповой процесс формирования поверхности. Сама модель основывается на теории фрактальной размерности Хаусдорфа и представляет собой фрактально-синергетическую модель процесса формирования структуры рельефа обрабатываемой поверхности.

Динамические неравновесные процессы обработки поверхности определяют существование фрактальных областей. Макро-, мезо- и микроуровни элементов шероховатости рассматриваются как самоподобные структуры, возникшие под воздействием самоорганизации.

В природе существует множество объектов, у которых линейные размеры зависят от масштаба измерения. К ним можно отнести внутренние поверхности емкостей сбора, хранения и транспортирования молочного сырья и молокопроводов. Если абстрагироваться от элемента случайности

распределения неровностей конкретных рельефов шероховатости, то данные поверхности можно представить фрактальной математической моделью.

Фракталы характеризуются свойством самоподобия и имеют общее уравнение:

$$N \cdot r^d = 1, \quad (39)$$

где N – количество равных элементов;

r – коэффициент подобия;

d – размерность объекта.

Для реальных внутренних поверхностей точного совпадения с ними модели не требуется. Их самоподобие рассматривается в статическом виде, где оно подтверждается выполнением зависимости (39) в достаточно широком интервале.

Краевой угол на фрактальной модели поверхности будет иметь следующее соотношение:

$$\cos \theta = \cos \theta_0 \cdot \left(\frac{r_{\max}}{r_{\min}} \right)^{d-k}, \quad (40)$$

где k – измерение (1 – линейное, одномерное; 2 – поверхностное, двумерное; 3 – пространственное, трехмерное).

Размерность объекта выражается из соотношения (39):

$$d = \frac{\ln N}{\ln \frac{1}{r}} \quad (41)$$

В свою очередь r подбирается, исходя из геометрических параметров основных элементов загрязнителя – молочно-жировых капель, размеры которых были приведены в первой главе. При этом задаются максимальным размером и путем многократного повторения (итераций) с учетом подобранного коэффициента подобия добиваются получения минимального размера. В случае отсутствия ограничения по итерациям или размерам, геометрические параметры поверхности будут стремиться к бесконечности.

Фрактальные структуры возможно использовать для создания супергидрофобных поверхностей. В природе такая поверхность существует у цветка лотоса.

2.4. Теоретическое обоснование метода туманогенерации при мойке и дезинфекции поверхностей

Основным компонентом моющих и дезинфицирующих растворов является вода, обладающая при заданных параметрах окружающей среды свойствами поверхностного натяжения и смачиваемости поверхности. Поверхностное натяжение формирует определенную форму капли раствора, которая при достаточно малых размерах принимает форму шара с радиусом r . Входящие в состав раствора компоненты не могут изменить ее ввиду их малой концентрации.

На первоначальный размер капли влияет способ ее образования. Согласно принятой классификации существуют два основных способа образования аэрозолей в виде тумана: конденсационный и диспергированный. Конденсационные способы достаточно сложные в реализации и требуют сложных конструктивных схем оборудования, к ним относятся способы: спонтанной конденсации пересыщенного пара; образование на постоянных частицах (растворимые и нерастворимые ядра конденсации); полидисперсная конденсация; смешения газовых потоков с различными температурами; химическое взаимодействие в газовой фазе и другие. Диспергированные способы имеют более простые механизмы получения аэрозолей путем дробления вещества (жидкости), основанные на общих принципах механики, к ним относят: пневматическое распыление жидкости; дисковое распыление; электростатическое распыление; ультразвуковое распыление.

При конденсационных способах получения аэрозолей происходит возникновение коллоидно-дисперсной фазы из молекулярно-дисперсной (газообразной) фазы. Диспергированные способы направлены на разделение

сравнительно большого объема жидкого тела на частицы коллоидных размеров. Сообщаемая энергия заставляет принять жидкость неустойчивую форму, что приводит к ее распаду на капли.

Энергия распыления затрачивается на образование новой поверхности капли и преодоление сил вязкости при изменении формы [104, 105]. Кроме того, могут происходить потеря энергии в результате неэффективной ее передачи жидкости. Необходимая для образования капли радиусом r энергия определяется из следующего соотношения, Дж:

$$E = \frac{300 \cdot \gamma \cdot m}{r \cdot \rho}, \quad (42)$$

где ρ – плотность жидкости, г/см³;

m – масса жидкости, г;

r – радиус капли, см;

γ – поверхностное натяжение, Н/см.

Для капли воды с радиусом 0,5 мкм необходимая энергия распыления составит 0,43 Дж (0,1 кал). Стоит отметить, что при образовании капель суммарная их площадь будет больше начальной площади тела жидкости, что потребует дополнительной энергии. Однако ее величина согласно [104 – 106] будет достаточно малой, чтобы ею можно было пренебречь.

Процесс образования капель при диспергированных способах существенно скоротечен по сравнению с конденсационными способами. Время образования капель составляет несколько микросекунд. При этом скорость деформации жидкости также велика, что подразумевает значительную затрату энергии для преодоления сил вязкости. Можно предположить, что жидкость с заданной вязкостью под воздействием энергии вытягивается в ультра тонкую нить или пленку, в зависимости от конкретного способа, которая затем распадается на капли, образующиеся в результате действия поверхностного натяжения. По Монку, в данном процессе жидкость принимает коническую переходную форму. Таким образом, минимальная

энергия рассеивания для капли заданного радиуса можно рассчитать по формуле, Дж:

$$E = \frac{8 \cdot \eta \cdot d_1^2 \cdot V_n}{3 \cdot \pi \cdot d_2^2 \cdot L} \cdot 10^{-5}, \quad (43)$$

где d_1 и d_2 – диаметры начала и конца конической переходной области, см;

L – длина переходной области, см;

V_n – объемная скорость течения жидкости, см³/с;

η – вязкость, г/(см · с).

Потери можно определить только для специальных систем. Однако наибольшие потери наблюдаются у способа распыления газовой струей по сравнению с иными диспергированными способами.

Ультразвуковой способ генерации тумана характеризуется воздействием на поверхность жидкости сфокусированной энергии вогнутого рефлектора (излучателя) мощных ультразвуковых волн. При достаточно высокой интенсивности в фокальной области образуются над поверхностью струя жидкости, а у ее основания туман высокой концентрации. Концентрацию и равномерность распределения тумана по заданному объему выше при малой высоте струи, что согласуется с минимизацией потерь энергии (данное обстоятельство было подтверждено в ходе проведенных экспериментов). Образующиеся капли жидкости имеют определенные размеры рефлектора диапазон радиусов. По Мак-Кабину, дисперсный состав генерируемого тумана имеет преимущественно капли диаметром 0,04-0,05 мкм.

Существуют устройства с некоторым отличием в процессе образования тумана при воздействии ультразвука. Основное отличие заключается в толщине слоя жидкости, который составляет тонкую пленку. Действие ультразвука создает мелкую рябь на поверхности жидкости. Характер ряби сложен в виду постоянного изменения толщины пленки и влияния ее краев. Механизм образования тумана описывается как срыв частиц с гребней ряби.

Размер частиц связан с частотой и амплитудой образующихся поверхностных волн.

Ультразвуковая генерация тумана обладает рядом преимуществ: высокая концентрация тумана; достаточно узкие пределы размера капель; размер капель регулируется путем изменения частоты колебаний. Пневматические способы имеют более сложное регулирование размера капель, которая реализуется через изменение концентрации. Для уменьшения диаметра капли необходимо снизить концентрацию, что не согласуется с процессами мойки и дезинфекции поверхности, когда эффективность и моющее действие зачастую определяется высокой концентрацией воздействующих реагентов.

Регулирование концентрации тумана осуществляется путем изменения акустической мощности излучателя, а также с помощью скорости течения газа над поверхностью жидкости. Таким образом, ультразвуковой способ генерации аэрозоля наиболее подходит для разработки конструкции моющих и дезинфицирующих систем.

Форма капель тумана сферическая. При слиянии данных капель также образуется сферическая капля большего радиуса. В связи с чем, основным размерным параметром капли являются радиус или диаметр капли.

Согласно теории Ланга, средний диаметр капель может быть рассчитан по следующей зависимости:

$$d = 0,34 \cdot \sqrt[3]{\frac{8 \cdot \pi \cdot \gamma}{\rho \cdot v^2}} \quad (44)$$

где v – частота ультразвуковых колебаний, Гц.

Точный диаметр капель в разный момент времени меняется в результате протекания двух параллельных процессов в диспергированной среде, а именно испарения и конденсации капель. Данные процессы, по Фуксу, получили наименование как квазистационарные режимы испарения и конденсации капель. В соответствии с теорией испарения индивидуальных капель

соотношение радиуса частицы и ее массы может быть выражено следующим уравнением:

$$-\frac{dm}{dt} = 4 \cdot \pi \cdot D \cdot m_2 \cdot c_0 \cdot r \quad (45)$$

где m – масса частицы, г;

r – радиус частицы, см;

D – коэффициент диффузии пара;

c_0 – концентрация насыщенного пара, г/см³;

m_2 – масса диффундирующих молекул, г;

$\frac{D \cdot m_2 \cdot c_0}{r}$ – убыль массы на единицу площади за секунду.

Движение капель тумана в воздушной среде аналогично движению молекул газа и подчинены общим принципам теории диффузии и броуновскому движению. Так, согласно уравнению Эйнштейна, среднее смещение частиц за промежуток времени вдоль оси x определяется из соотношения:

$$\overline{\Delta_x^2} = \frac{2 \cdot R \cdot T \cdot t}{N \cdot K}, \quad (46)$$

где K – коэффициент сопротивления. По закону Стокса $K = 3 \cdot \pi \cdot \eta \cdot d$.

Полный поток частиц через плоскость, площадью 1 м², расположенной перпендикулярно к оси смещения x , определяется по формуле:

$$P = -0,5 \cdot \overline{\Delta_x^2} \cdot \frac{dn}{dx}, \quad (47)$$

где n – концентрация частиц.

Согласно закону Фика:

$$P = -t \cdot D \cdot \frac{dn}{dx} \quad (48)$$

Таким образом:

$$\overline{\Delta_x^2} = 2 \cdot D \cdot t \quad (49)$$

В результате, соотношение диффузии и размеров капель имеет определенное соотношение:

$$D = \frac{R \cdot T}{N \cdot 3 \cdot \pi \cdot \eta \cdot d} \quad (50)$$

При сопоставимости размера капли и средней длины свободного пролета капли применяют поправку Канингема:

$$D = \frac{R \cdot T \cdot \left(1 + \frac{2 \cdot A \cdot \lambda}{d}\right)}{N \cdot 3 \cdot \pi \cdot \eta \cdot d} \quad (51)$$

Капли тумана также обладают броуновским вращением, описываемое уравнением:

$$\overline{\Delta_{ep}^2} = \frac{2 \cdot R \cdot T \cdot t}{N \cdot \pi \cdot \eta \cdot d^3} \quad (52)$$

Однако, практического значения данный фактор в мойке и дезинфекции не имеет, в отличие от перемещения капель к поверхности емкости в результате броуновского движения и диффузии с последующим осаждением без действия внешних сил. Осаждение частиц также сопровождается ударом о поверхность и связывание с ней. Для данных процессов введен соответствующий термин броуновская диффузия аэрозолей [107]. Термин подразумевает перенос частиц из областей с большей концентрацией в области с меньшей концентрацией.

Совместное оседания и диффузии для случая тумана в неподвижном воздухе пространства емкости (между ее поверхностями) обусловлено предположением, что все капли, соприкасающиеся с поверхностью, прилипают к ней. Общее уравнение, описывающее скорость увеличения концентрации капель в некоторой точке:

$$\frac{\partial C}{\partial T} = D \cdot \frac{\partial^2 C}{\partial X^2} - v \cdot \frac{\partial C}{\partial X}, \quad (53)$$

где C – концентрация капель на расстоянии X от нижней плоскости;

T – время, с;

D – коэффициент диффузии капель; м²/с

v – стационарная скорость оседания капель, м/с.

Уравнение (52) в безразмерной форме будет выглядеть следующим образом:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = \alpha \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - \frac{\partial c}{\partial x}, \quad (54)$$

где $\alpha = \frac{D}{V \cdot l}$, l – расстояние между поверхностями.

Для частного случая воды при $t = 20^\circ\text{C}$, $\alpha = \frac{D}{V \cdot l} = \frac{1,371 \cdot 10^{-16} \cdot 293}{\frac{1}{6} \cdot \pi \cdot d^3 \cdot \rho \cdot 981 \cdot l}$,

где d и ρ соответственно диаметр, м, и плотность частиц, кг/м³. А также:

$\frac{T}{t} = \frac{l}{V} = \frac{18 \cdot \eta \cdot l}{d^2 \cdot \rho \cdot g \cdot F}$, где F – фактор Канингема.

На рисунке 2.5 представлен график зависимости изменения концентрации тумана в пространстве и времени.

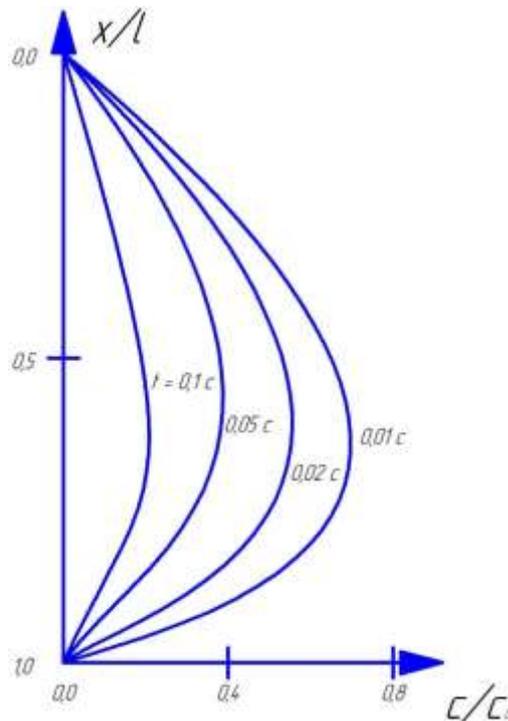


Рисунок 2.5 – Изменение концентрации тумана по высоте в пространстве емкости в случае совместного оседания и диффузии частиц

Осаждение капель на поверхность емкости в немалой степени зависит от ее свойств: смачиваемости и шероховатости. Смачиваемость определяется в большей степени материалом поверхности, ее гидрофильности, шероховатость – способом ее обработки. В связи с тем, что основной компонент молока, моющего и дезинфицирующего раствора является вода, то загрязняемость и очищаемость поверхности в равной степени зависят от данных параметров.

Повышение угла смачиваемости достигается путем подбора концентрации ПАВ в растворе в существующих конструкциях моек поверхностей. В большей степени регулирование смачиваемости происходит в рамках физико-химических процессов.

Что касается шероховатости, на основании вышеизложенного становится допустимо следующее неравенство:

$$d_k \leq Ra \leq d_{ж(б)}, \quad (55)$$

где d_k – средний диаметр капли, мкм;

Ra – средняя шероховатость, мкм;

$d_{ж(б)}$ – средний диаметр частицы жира (белка), мкм.

Это неравенство обусловлено тем, что частицам жира (белка) с большим радиусом, чем размеры впадин шероховатости, труднее прилипнуть к поверхности в виду наличия собственного поверхностного натяжения. В результате, под частицей жира (белка) формируется пространство, которое при достаточно малых размерах капли, заполняется моющим раствором, с последующим отмыванием. В связи с чем, целесообразно, чтобы частица капли была меньше размеров шероховатости.

В результате справедливо следующее неравенство, определяющее параметры шероховатости поверхности при обработке туманом, сгенерированным ультразвуком:

$$Ra \geq 0,34 \cdot \sqrt[3]{\frac{8 \cdot \pi \cdot \gamma}{\rho \cdot v^2}} \quad (56)$$

Исходя из неравенства, определяются характеристики ультразвукового туманогенератора в соответствии с применяемым моющим и дезинфицирующим раствором.

Дезинфекция характеризуется доставкой реагента до клетки (споры) микробиоты, в связи с чем достаточно иметь приближенное равенство указанного соотношения.

Эффективность дезинфекции можно оценить по формуле:

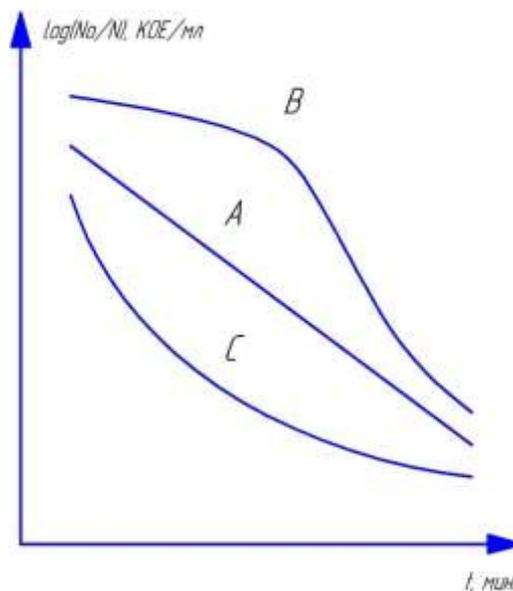
$$K = \frac{1}{t} \cdot \log \frac{N_0}{N}, \quad (57)$$

где K – константа скорости гибели клеток;

N_0 – начальное число живых клеток, КОЕ;

N – число живых клеток, КОЕ, в момент времени t , мин.

Рисунок 2.6 показывает три варианта сценария дезинфекции.



А) по закону кинетики первого порядка; В) по сигмаидной кривой;

С) при высокой концентрации дезинфектанта

Рисунок 2.6 – График зависимости количества бактерий от времени дезинфекции

Взаимосвязь концентрации биоцида (C) и экспозиции (t) выражается:

$$\ln N - \ln N_0 = -k \cdot C^n \cdot t, \quad (58)$$

где k – константа для определенного микроорганизма и биоцида при определенных значениях рН и температуре;

η – коэффициент разбавления биоцида;

t – время, необходимое для снижения микробной контаминации на 99%, мин.

2.5. Осаждение моющего и дезинфицирующего средств на внутренней поверхности емкости

2.5.1. Осаждение в поле температурного градиента

При наличии в аэрозоле температурного градиента частицы движутся вдоль линии температурного поля в сторону понижения температуры [104, 105, 107]. Таким образом, частицы движутся от теплой поверхности к холодной и оседают на последней. Данное явление имеет название термофорез, оно обусловлено отталкиванием частиц нагретым телом.

Основными параметрами, характеризующие явление термофореза, являются термофоретические силы и скорость термофореза.

В первом приближении уравнение термофоретической силы было выведено Эйнштейном:

$$F_t = -\frac{l \cdot P \cdot L^2 \cdot G}{2 \cdot T}, \quad (59)$$

где l – длина поверхности, м;

P – давление, Па;

L – средняя длина свободного пробега частицы, м;

G – температурный градиент, К/м;

T – температура, К.

Принимая во внимание тепловое скольжение частицы у поверхности, передачу ей тепла и скорость теплового скольжения в качестве граничного

условия, а также пренебрегая инерционными членами в уравнении движения вязкой жидкости, Эйпштейн уточнил данное уравнение путем совместного решения уравнений теплопередачи, движения частиц и теплового скольжения. В результате Эйпштейн получил следующую формулу:

$$F_t = -9 \cdot \pi \cdot \frac{d_q \cdot \eta^2 \cdot k_g \cdot G}{2 \cdot \rho \cdot T \cdot (2 \cdot k_g + k_q)}, \quad (60)$$

где η – вязкость газа, Ст;

ρ – плотность газа, г/см³;

k_g – коэффициент теплопроводности газа;

k_q – коэффициент теплопроводности частицы;

d_q – диаметр частицы, см.

Уравнение Эйпштейна представляет собой интегрирование по поверхности частиц для составляющих напряжений, параллельных направлению теплового потока.

Сакстон и Ранц в своих опытах определили термофоретическую силу как разность между электростатической силой и суммой сил тяжести и сопротивления среды:

$$F_t = \frac{q \cdot E}{300} - \left(mg + \frac{V_{под}}{Z} \right), \quad (61)$$

где q – заряд частиц, Кл;

E – напряженность электрического поля, В;

$V_{под}$ – скорость подъема частицы, см/с;

Z – подвижность частицы, см²/В·с.

Опытным путем было установлена пропорциональная зависимость термофоретической силы от диаметра частицы и температурного градиента. Следует отметить, что термофоретическая сила убывает с ростом теплопроводности вещества частиц. Если средняя длина пробега молекул газа много больше радиуса частицы, то теплопроводность частицы не имеет существенного значения. В этом случае, термофоретическая сила будет

представлять собой результирующую импульсов, сообщаемых частице молекулами газа, по Вальдману [105]:

$$F_t = \frac{8 \cdot r_q^2}{15} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \pi \cdot m}{k \cdot T}} \cdot \lambda_{tr} \cdot G, \quad (62)$$

где m – масса молекул газа, г;

k – постоянная Больцмана;

λ_{tr} – трансполяционная составляющая теплопроводности газа, Вт/см·К.

Применяя кинетическую теорию газа можно упростить уравнение до следующего вида:

$$F_t = -\frac{4 \cdot P \cdot L \cdot r_q^2 \cdot G}{T}, \quad (63)$$

или менее строго

$$F_t = -\frac{\pi \cdot P \cdot L \cdot r_q^2 \cdot G}{2 \cdot T}. \quad (64)$$

Скорость термофореза в большей степени зависит от температурного градиента, давления среды и размера капелек. Розенблатт и Ла Мер на основе формул Эйпштейна и Кнудсена-Вебера с использованием полученных опытных данных вывели формулу для расчета скорости термофореза аэрозоля:

$$V = -17,9 \cdot \frac{P \cdot L^2}{T \cdot \left(2 + \frac{k_q}{k_z}\right)} \cdot \frac{dT}{dx} \cdot \frac{1 + \frac{L}{r_q} \cdot \left(A + B \cdot e^{-\frac{C \cdot r_q}{L}}\right)}{6 \cdot \pi \cdot \eta}, \quad (65)$$

где V – скорость частицы в поле температурного градиента, см/с;

A, B, C – константы в уравнении подвижности: $A = A_0 + B \cdot \exp\left(-\frac{C \cdot d}{2 \cdot \lambda}\right)$

Уравнение скорости частицы в поле температурного градиента может быть упрощено для некоторых случаев, если радиус частиц и давление постоянны, то применима следующая формула:

$$V = \frac{K}{T} \cdot \frac{dT}{dx}, \quad (66)$$

где K – константа.

Для постоянного температурного градиента вводят стандартную скорость, характеризующая движение частицы в поле температурного градиента $1^\circ/\text{см}$ при 300°K :

$$V_{cm} = \frac{V}{300 \cdot \frac{1}{T} \cdot \frac{dT}{dx}} \quad (67)$$

При $L/r_{\text{ч}} < 0,5$ скорость приблизительно равна $1/r_{\text{ч}}$, а при $L/r_{\text{ч}} > 0,5$ скорость возрастает с уменьшением радиуса до некоторого максимального значения, когда средняя длина свободного пробега молекулы газа составляет приблизительно 1,5 радиуса частицы. Если радиус частицы достаточно мал по сравнению со средней длиной свободного пробега, то скорость частицы может быть выражена в следующем виде:

$$V = - \frac{\lambda_{tr}}{5 \cdot P \cdot \left(1 + \frac{\pi}{8 \cdot a}\right)} \cdot \frac{dT}{dx}, \quad (68)$$

где a – коэффициент аккомодации.

2.5.2. Осаждение под действием градиента концентрации пара

В работах Айткена, Уотсона и Денниса отмечалось явление, при котором наблюдалось перемещение аэрозольных частиц от нагретой поверхности жидкости в направлении к капле, на которой конденсировался пар. Данный эффект, по аналогии с фотофорезом и термофорезом, получил наименование диффузиофорез [104, 105].

Испарение с нагретой поверхности образует градиент концентрации пара. При постоянном давлении возникает гидродинамическое течение воздуха к поверхности, компенсируемое диффузионным потоком пара. Данное течение называют стефановским.

На основе теории Чепмена-Энскога Вальдман, Баканов и Дерягин определили скорость сферических частиц при явлении диффузиофореза:

$$V = -\frac{\sqrt{m_1}}{\gamma_1 \cdot \sqrt{m_1} + \gamma_2 \cdot \sqrt{m_2}} \cdot \frac{D \cdot d\gamma_1}{\gamma_2 \cdot dx}, \quad (69)$$

где D – коэффициент диффузии, $\text{см}^2/\text{с}$;

m_1 и m_2 – масса молекул соответственно частицы и газа, г;

γ_1 и γ_2 – мольная доля частиц и газа.

Если давление мелкодисперсной среды мало по сравнению с общим давлением, то скорость частиц можно определить по упрощенной формуле:

$$V = -1,9 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{dP}{dx}. \quad (70)$$

2.6. Совершенствование технологии и технических средств мойки и дезинфекции емкостей

На основании проведенного теоретического анализа была разработана методика расчета параметров процессов мойки и дезинфекции распылением ультрамалого объема раствора ультразвуковым генератором, рисунок 2.7, а также общая технология мойки мелкодисперсной средой.

В соответствии с предлагаемой методикой разработана технология мойки и дезинфекции с использованием УМО. Технология состоит из следующих этапов:

1) распыление ультрамалого объема моющего раствора. В ходе данного процесса происходит заполнение объема мелкодисперсной средой, смачивание поверхности, набухание загрязнений, моющее действие реагентов. Время этапа составляет до 0,5 – 4 мин.;

2) механическое воздействие центробежных механических щеток для удаления сложных загрязнений. Данный этап проводится опционально, при необходимости (например, при достаточно застарелых загрязнениях). Время – до 0,5 мин.;

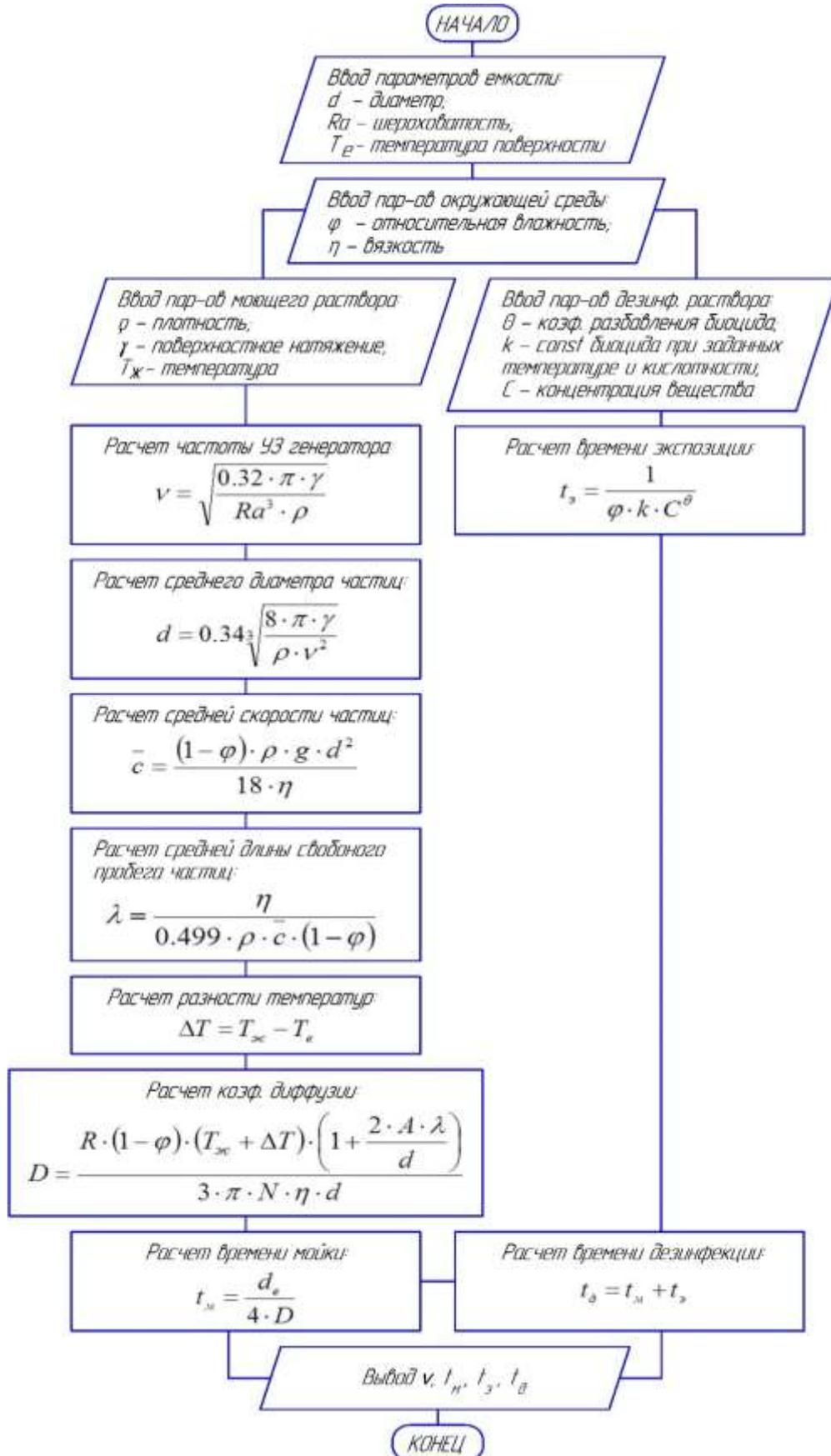


Рисунок 2.7 – Схема алгоритма методики расчета процесса мойки (дезинфекции) распыления ультрамалого объема раствора

3) ополаскивание гидромеханической моющей головкой. Время – до 0,5 мин.;

4) дезинфекция. В качестве дезинфектанта применяются озонированная среда (газ или диспергированная УМО озонированная вода или растительное средство). Время экспозиции 2,4 – 12 мин.;

5) повторное ополаскивание. Опционально, в зависимости от вида дезинфектанта. Время – 0,5 мин.

Для емкостей с продолжительным простаиванием (3 ч и более) предусмотрено применение этапа дезинфекции без предшествующих этапов.

2.7. Выводы по главе

1. Описаны предложения создания мелкодисперсной среды методом ультразвукового распыления ультрамалого объема реагента.

2. Предложены методы расчета затрат энергии на создание тумана моющего и дезинфицирующего средства.

3. Определены параметры частиц аэрозоля и его концентрации для снижения адгезии жировых и белковых отложений на внутренних поверхностях емкостей.

4. Разработана методика расчета параметров процессов мойки и дезинфекции распылением ультрамалого объема раствора ультразвуковым генератором и общая технология мойки и дезинфекции ультрамалым объемом реагента.

3. ПРОГРАММА РАБОТЫ И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ ЕМКостей СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МОЛОКА

3.1. Устройство и принцип работы экспериментальных установок

На рисунке 3.1 представлена общая программа исследования мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока. Одними из основополагающих этапов исследования были лабораторные испытания.

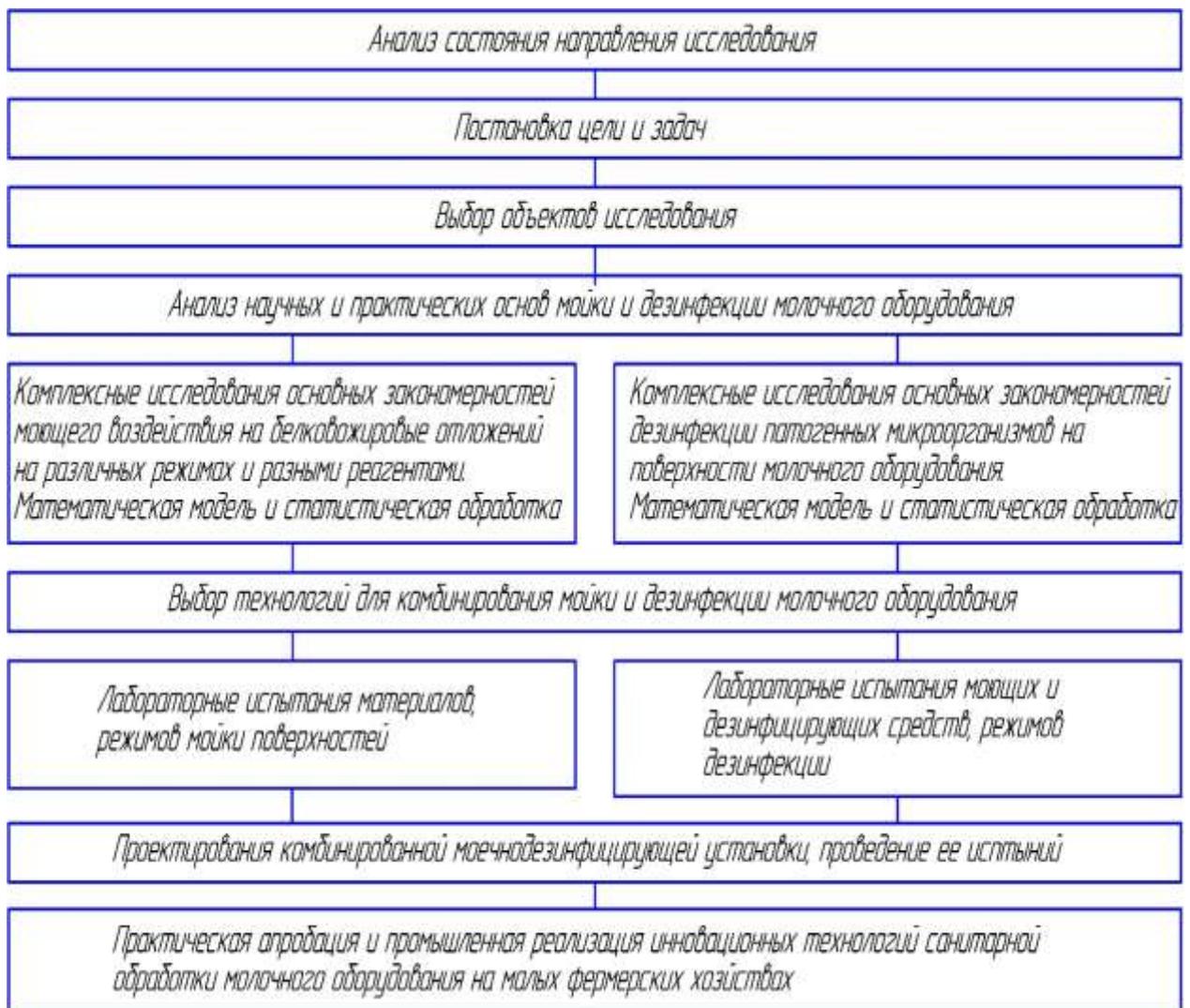


Рисунок 3.1 – Программа исследования

Экспериментальная лабораторная установка, состоящая из чашек Петри диаметром 50 мм и 100 мм, набора стеклянных пробирок, стерильных ватных

палочек для забора материала, лабораторный шкаф, предназначена для определения степени заражения внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования.

В чашки Петри помещалась питательная мясопептонная агаровая среда (МПА), на которую осуществляли посев клеток из проб смыва и с внутренних поверхностей оборудования для дальнейшей их культивации при температуре 32 °С.

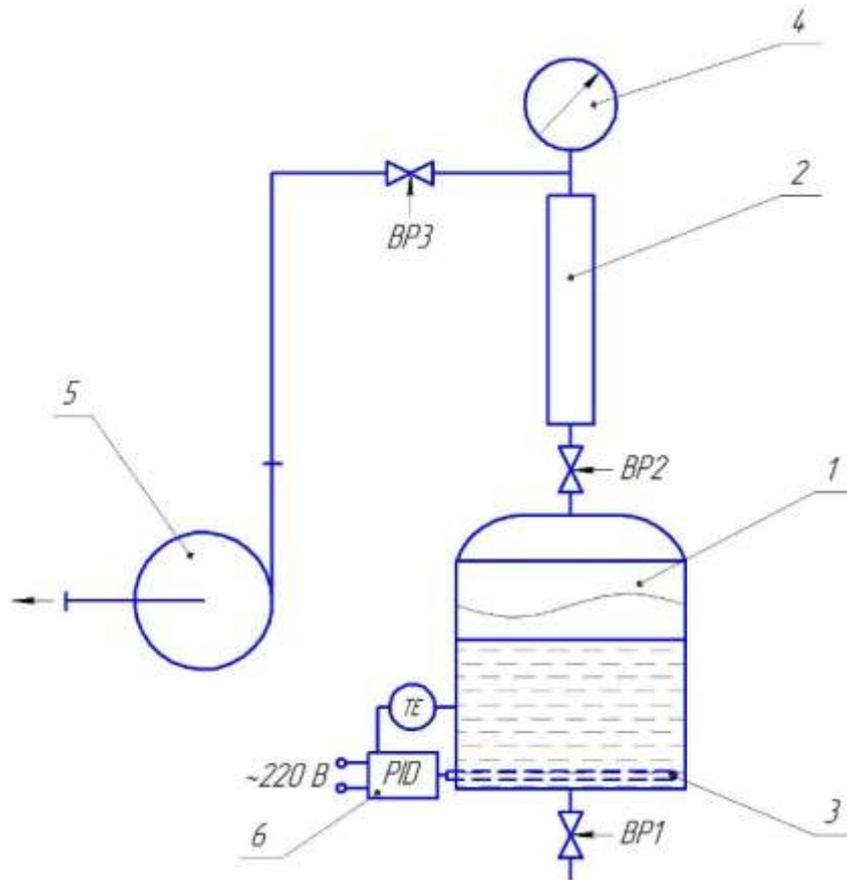
Рецептура питательной среды близка к стандартной и представляла собой мясопептонную агаровую смесь на основе мясопептонном бульоне (МПБ). В МПБ имеется мясная вода (фильтрованный отвар мясного фарша), пептон, поваренная соль. К МПБ добавляется 2-3 % порошка агар-агар, затем смесь стерилизуют и устанавливают с помощью пищевой соды кислотность в пределах 7,2-7,4 рН. Смесь мясопептонного агара (МПА) разливают по чашкам Петри и дают остыть.

Экспериментальная лабораторная установка для определения влияния степени шероховатости и пространственного расположения поверхности на степень ее загрязнения молочным сырьем, состоит из набора наклонных поверхностей с углами наклона 30°, 45° и 60°, масштабных линеек со шкалой 5 мм, фотоаппарата Panasonic DMC-TZ1 на штативе, шприц объемом 2,5 мм³, электронных весов ОКБ Веста АВ210-01. Образцы поверхностей различных материалов и шероховатостью взвешивались и устанавливались под заданными углами, после чего на них наносилось определенное количество молочного сырья. Движение жидкости фиксировалось при помощи видеосъемки, по которой путем покадрового анализа устанавливалась скорость жидкости. Затем производилось взвешивание образца с загрязнителем. Молочное сырье – молоко жирностью 3,2 %.

Экспериментальная установка предназначена для многорежимных исследований процессов мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей хранения и транспортирования и молокопроводов из различных материалов.

Установка, рисунок 3.2, состоит из парогенератора 1, представляющего собой герметичную емкость с установленной в ней нагревательным элементов 3 (трубчатый электронагреватель), погруженный в жидкость и подключенный через ПИД-регулятор 6 к электросети. ПИД-регулятор оснащен датчиком температуры в исполнении термопары. Емкость имеет два соединения через шаровые клапаны с атмосферой и сменяемым элементом 2. В зависимости от объекта исследования в качестве сменяемого элемента могут быть емкости и элементы трубопровода, имитирующие соответственно емкости хранения и транспортирования молочного сырья и молокопровод доильного аппарата. К сменяемому элементу подключается электронный вакуумметр 4 и через шаровый клапан магистрального трубопровода ЖВН 5.

Принцип работы установки. Парогенератор нагревает жидкость до парообразования. Температура пара зависит от созданного внутри парогенератора давления ЖВН, пределы давления колеблются от 0,23 до 1 атм, а температуры – от 34 до 100 °С, что соответствует температуре кипения при заданном давлении. Затем, пар через открытый клапан ВР2 попадает в сменяемый элемент и в результате разности температур происходит его осаждение на внутренней поверхности, то есть конденсация. Конденсация происходит по причине разности температуры между внутренней поверхностью (температура соответствует окружающей среде, которая при испытаниях не поднималась выше 27 °С; при этом для ускорения процесса конденсации элемент мог подвергаться внешнему охлаждению) и паром. Регулирование давления в парогенераторе и сменяемом элементе осуществлялось на основании данных вакуумметра 4 с помощью жидкостно-кольцевого вакуумного насоса (ЖВН) 5. Регулирование температуры жидкости в парогенераторе осуществляется на основании данных термодатчика ПИД-регулятором 6.



1 – парогенератор; 2 – сменный элемент (емкость или часть трубопровода), подвергаемый процессам; 3 – нагревательный элемент; 4 – вакуумметр;
5 – ЖВН; 6 – ПИД-регулятор с термопарой

Рисунок 3.2 – Технологическая схема экспериментальной установки для процессов мойки и дезинфекции

Порядок работы. В емкость 1 через снимаемую крышку заливается жидкость (вода, моющий раствор). В зависимости от эксперимента подбирается предварительно загрязненный сменяемый элемент 2, который устанавливается через клапан BP2 на парогенератор. К сменяемому элементу подключается через клапан BP3 ЖВН 5. ПИД-регулятор с установленными параметрами температуры включается в электросеть. Включают ЖВН и, основываясь на данных вакуумметра 4, открывают клапан BP3 при открытом клапане BP2, добиваясь заданного давления в подсистеме сменяемый элемент – парогенератор. После клапаны BP2 и BP3 закрываются. При достижении точки насыщения паром свободной части емкости от жидкости, открывают

клапан ВР2. Происходит процесс конденсации, сопровождаемые процессом смачивания (мойки) и в некоторых условиях процессом дезинфекции. Частично дезинфекция происходит еще на этапе создания пониженного давления в сменяемом элементе. Работу парогенератора прекращают и система охлаждается, при этом конденсируемые капли жидкости с загрязнением под действием силы тяжести стекают в парогенератор. Клапан ВР2 закрывают и открывают клапаны ВР1 и ВР3, через которые соответственно удаляются жидкость с загрязнением и несконденсированный пар (если такой имеется), а также остатки зараженной среды.

Общий вид экспериментальной установки для исследования процессов мойки и дезинфекции поверхностей представлен на рисунке 3.3.



- 1 – электродвигатель; 2 – ЖВН; 3 – парогенератор; 4 – ПИД-регулятор с термопарой; 5 – сменяемая емкость; 6 – электронный вакуумметр; 7 – аналоговый вакуумметр; 8 – магистральный трубопровод; 9 – ТЭН

Рисунок 3.3 – Общий вид экспериментальной установки

Экспериментальная установка предназначена для многорежимного исследования степени бактериологического обеззараживания внутренних

поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока. Установка, рисунок 3.4, состоит из трех алюминиевых емкостей, соединенных последовательно системой гибких шлангов и трубопроводов. В емкости 1 установлен озонатор, в емкости 2 – нагревательный элемент с ПИД-регулятором, а также ультразвуковой генератор для создания распыления ультрамалого объема жидкости, в емкости 3 – вакуумметр. Для создания вакуума установка подключается к насосу. Управление установкой осуществлялось в ручном и автоматическом режимах (4 – система автоматизации).



а) общий вид; б) рабочий процесс

Рисунок 3.4 – Экспериментальная установка исследования бактериологического обеззараживания (обсеменения)

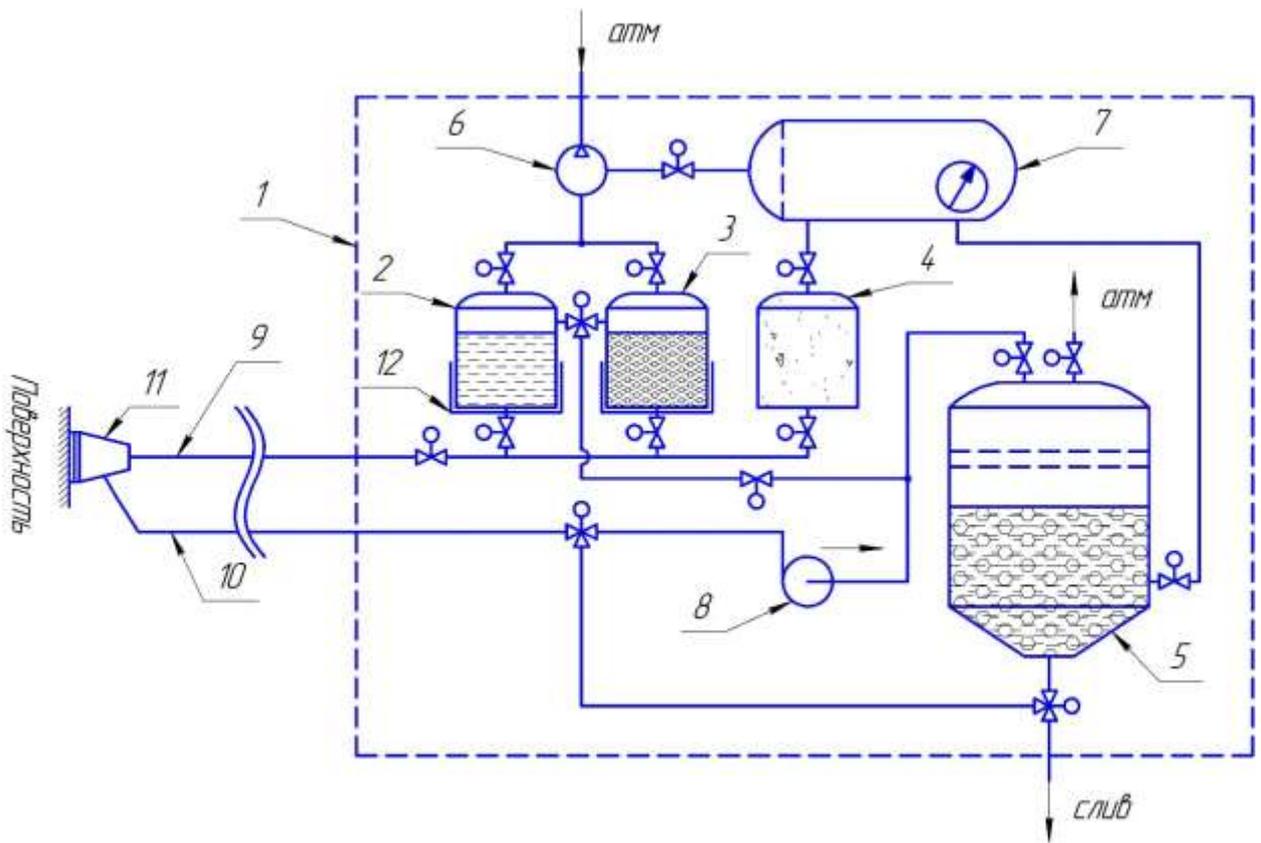
На основании проведенных экспериментов были определены оптимальные параметры комплексной моечной установки. Диапазон частот ультразвукового генератора составляет 20 кГц-1 МГц, концентрация озона для воздуха 1,5-4 мг/м³, для озонированной воды – 10-16 мг/м³, время обработки ультрамалым объемом моющего раствора – 2,5-4 мин., время дезинфекции – 4-12 мин. Для емкостей объемом до 20 л потребляемая мощность составляет от 24 до 300 Вт.

3.2. Разработка конструкторско-технологической схемы экспериментальной и производственной комбинированной моечной установки

В соответствии с полученными основными параметрами экспериментальных установок разработана конструкторско-технологическая схема комбинированной моечной установки, рисунок 3.5.

Комбинированная моечная установка предназначена для осуществления процессов мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей различных профилей. Перечень отмываемых загрязнений установкой ограничивается температурными режимами эксплуатации оборудования в процессе (20-100°C), допустимыми избыточным давлением и разрежением оборудования.

Установка (патент № 2728147) включает подвижный корпус 1, емкость для ополаскивающей жидкости 2, емкость для моющего раствора 3, емкость для озонированной газовой или жидкой среды 4, емкость для отработанной рабочей жидкости 5, компрессор-нагнетатель 6, озонатор-барботер 7, водокольцевой вакуумный насос 8, гибкие шланги 9 и 10, моющую головку-распылитель 11. Емкости 2 и 3 оснащены нагревательными элементами 12. Гибкие шланги различаются по назначению, нагнетательного действия 9 и разрежения 10, подключаемые соответственно к общей магистрали емкостей 2, 3 и 4 и к вакуумному насосу 8. Компрессор-нагнетатель 6 подключен напрямую к емкостям 2 и 3 и через озонатор-барботер 7 к 4 и 5. Емкость 5 выполнена разборной и соединена с вакуумным насосом 8. Гибкие шланги 9 и 10 подключены к моющей головке-распылителю 11, которая представляет собой полу с двойными стенками емкость с отсутствующим дном с упругим эластичным материалом по краям.



1 – подвижный корпус; 2 – емкость для ополаскивающей жидкости, 3 – емкость для моющего раствора; 4 – емкость для озонированной газовой среды; 5 – емкость для отработанной рабочей жидкости; 6 – компрессор-нагнетатель; 7 – озонатор-барботер; 8 – водокольцевой вакуумный насос; 9, 10 – гибкие шланги; 11 – моющая головка-распылитель; 12 – нагреватель

Рисунок 3.5 – Конструкторско-технологическая схема экспериментальной комбинированной моечной установки

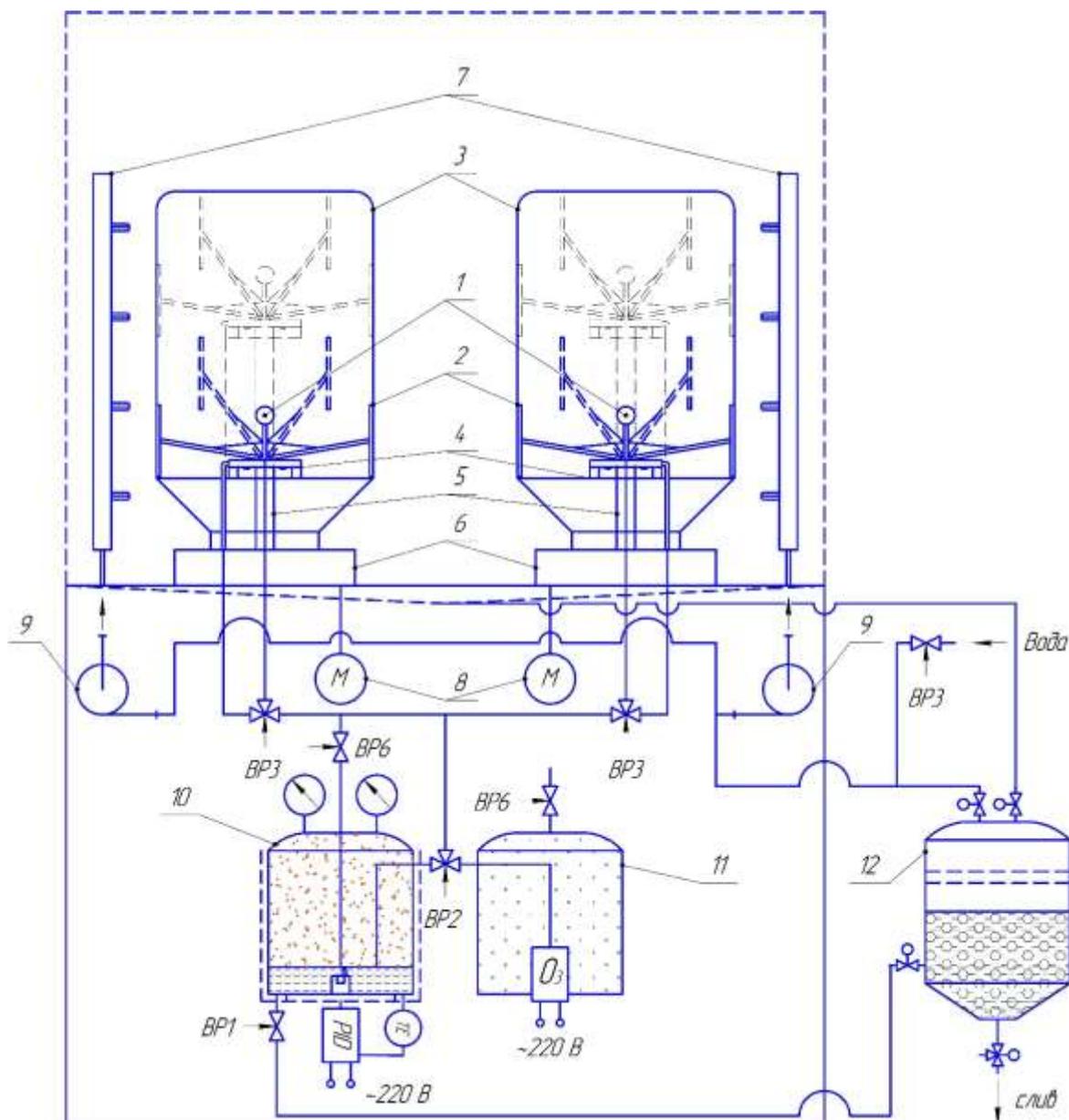
Установка работает следующим образом. В емкости 3 и 2 соответственно заливаются моющие и ополаскивающие жидкости. В зависимости от типа загрязнителя и поверхности осуществляется их нагрев до требуемой температуры элементами 12. При необходимости повышения их температуры кипения в данные емкости компрессором-нагнетателем 6 повышается давление, одновременно газовая среда закачивается в озонатор-барботер 7, где происходит его озонирование. В зависимости от назначения озонированная газовая среда подается в емкость 4 для дальнейшего ее подвода

к поверхности или в емкость 5 для дезинфекции отфильтрованной рабочей жидкости, с целью дальнейшего ее использования. В качестве непосредственного воздействующего на загрязненную поверхность инструмента выступает струя жидкости из емкости 2 или 3, в которых компрессор-нагнетатель создает избыточное давление. Через механизмы управления струя жидкости подается через шланг 9 на загрязненную поверхность, после воздействия которой жидкость удаляется с поверхности вакуумным насосом 8, через шланг 10. Откаченная жидкость поступает в емкость 5, где она, проходя через фильтры, отделяется от достаточно крупных механических загрязнений и далее дезинфицируется озонированной газовой средой из озонатора-барботера 7. В дальнейшем, данная жидкость может быть использована повторно, предварительно переместив ее в емкости 2 и 3, где с помощью нагревательных элементов 12 возможна дальнейшая процедура дезинфекции от биологических загрязнений через нагрев. После процедур мойки и очистки из емкости 5 осуществляют слив отработанной жидкости и извлечение твердых загрязнений с фильтров.

На основании проведенных исследований и технологической схемы комбинированной моечной установки была разработана схема конструкции комплексной моечной установки, рисунок 3.6.

По схеме спроектирована конструкция полупромышленного образца комплексной моечной установки, рисунок 3.7.

Комбинированная моечная установка предназначена для осуществления процессов мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей различных профилей. Перечень отмываемых загрязнений установкой ограничивается температурными режимами эксплуатации моющих и дезинфицирующих средств (20-60°C), габаритами емкостей сбора, хранения и транспортирования молока, допустимыми избыточным давлением и разрежением оборудования.

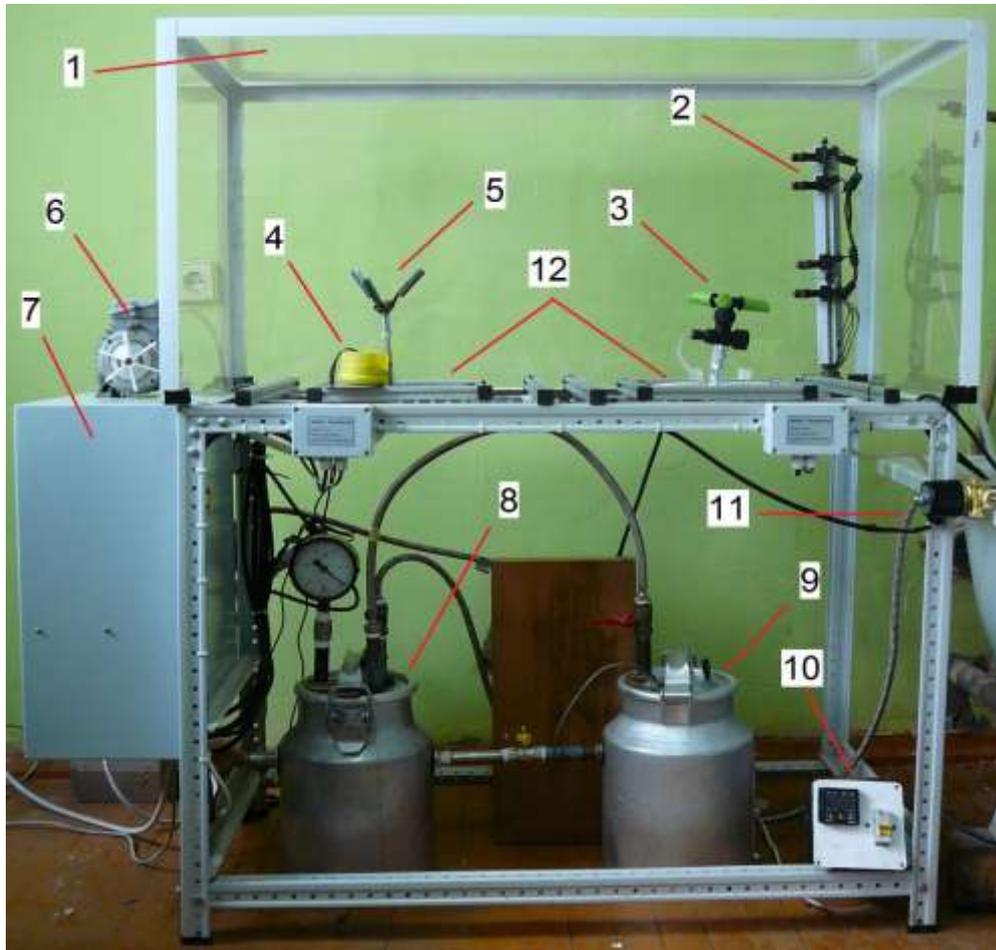


- 1 – моечная головка; 2 – щетки центробежного типа; 3 – емкости (фляги, бидоны, доильные ведра); 4 – ультразвуковой распылитель УМО; 5 – кронштейн; 6 – вращающаяся платформа; 7 – система форсунок; 8 – электродвигатель; 9 – насос; 10 – емкость подготовки моющего (дезинфицирующего) раствора; 11 – озонирующая емкость; 12 – емкость для отработанной жидкости

Рисунок 3.6 – Схема комплексной моечной установки

Работа установки заключается в последовательной обработке емкостей путем создания мелкодисперсной среды на этапе подготовки с возможностью

механической очистки (левая часть), последующей очистки и ополаскиванием гидродинамическим способом на этапе основной мойки (правая часть) и созданием дезинфицирующей среды в емкости на завершающем этапе для стерилизации (также в левой части).



1 – защитный экран; 2 – форсунки для внешней мойки емкостей;
 3 – многопозиционная моющая головка; 4 – ультразвуковой туманогенератор;
 5 – устройство механической очистки; 6 – электродвигатель; 7 – шкаф автоматики;
 8 – емкость подготовки моющего (дезинфицирующего) раствора; 9 – емкость озонатора; 10 – терморегулятор; 11 – система слива;
 12 – вращательные элементы.

Рисунок 3.7 – Полупромышленный образец комплексной моечной установки

Ультразвуковой генератор располагается в углублении корпуса, глубина которого определена минимальным и максимальным уровнем жидкости над рефлектором или фокусирующим излучателем генератора, работающего в

диапазоне частот 20-800 кГц. При этом уровень жидкости с различными вязкостью и поверхностным натяжением подбирается таким образом, чтобы высота струи была минимальной или отсутствовала, что обеспечивает максимальную концентрацию тумана. Корпус закреплен на подъемном механизме, высота расположения в рабочем состоянии определяется двумя третями высоты емкости, объемом до 300 л, диапазон высот 0-1,2 м. При обработке емкость устанавливается горловиной вниз на вращающийся диск с отверстием для хода корпуса с ультразвуковым генератором, механических центробежных щеток и ополаскивающей головки. Внешняя поверхность емкости, вращаясь на диске, омывается форсунками. Внутренняя поверхность обрабатывается согласно разработанной технологии.

Сбор и отвод отработанных жидкостей осуществляется принудительно с помощью насоса в емкость сбора для последующей утилизации, при этом предусмотрено ее обеззараживание озоном, создаваемого имеющимся в конструкции озонатором.

3.3. Разработка конструкции моечной головки для струйной обработки внутренних поверхностей емкостей повышенного объема

В связи с тем, что комбинированная моечная установка ограничена в своей применимости емкостями объемом до 300 л включительно, исходя из линейных параметров, а масштабирование ее нецелесообразно по причинам усложнения конструкции, была разработана моечная головка для струйной очистки емкостей сбора, хранения и транспортирования молока повышенного объема (более 300 л).

Разработанная моечная головка для струйной очистки поверхностей позволяет интенсифицировать мойку и дезинфекцию, повысить качество данных процессов и снизить расход воды и реагентов.

Моечная головка для струйной очистки содержит сопла для распыления моющего и дезинфицирующего реагента, установленные с возможностью

перемещения, систему подвода рабочего реагента к соплам, полый корпус-насадку с межстеночным пространством для отвода отработанной жидкости, при этом для интенсификации и повышения качества мойки и дезинфекции количество сопел предусмотрено как минимум два на вращающемся элементе. Исполнение корпуса-насадки с межстеночным пространством позволяет применить принцип вакуумного транспортирования отработанной жидкости обратно в систему, что уменьшает расход воды и реагента.

На рисунке 3.8 изображен общий вид моечной головки для струйной обработки, на рисунке 3.9 изображен разрез основных элементов в сборе.

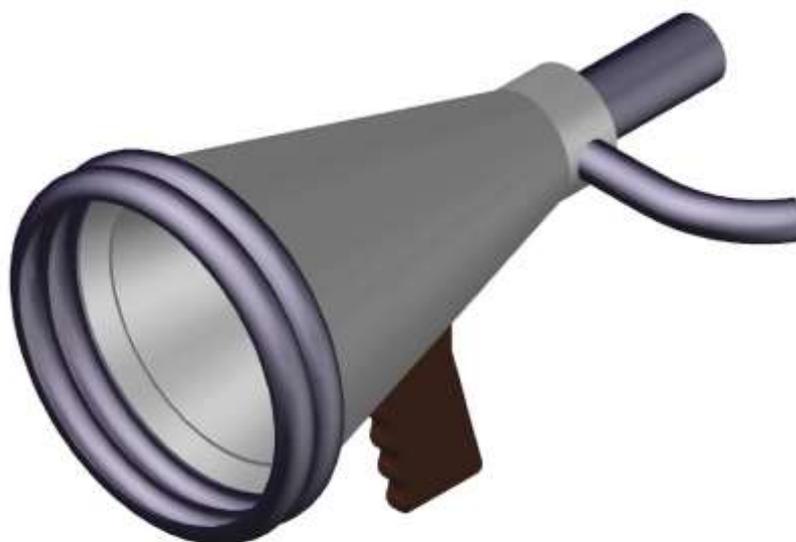
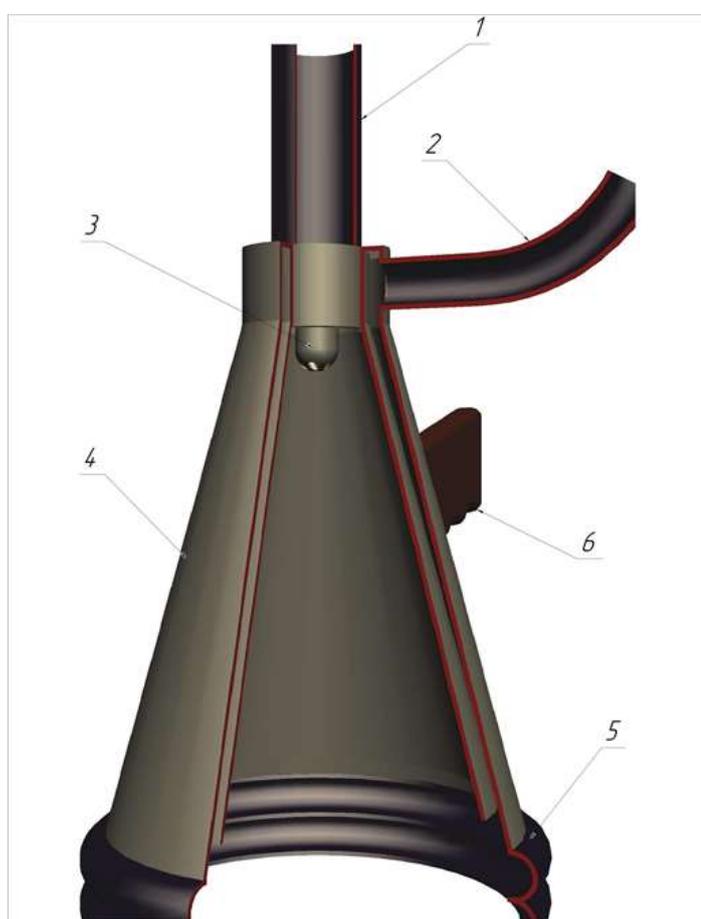


Рисунок 3.8 – Общий вид моечной головки

Моечная головка для струйной очистки (см. рисунок 3.8) включает в себя головку с соплами на подвижном элементе 3, полый корпус-насадку с зазором межстеночного пространства 4, шланги для подвода и отвода жидкости соответственно 1 и 2, а также эластичный элемент 5 и рукоять 6, при ручном управлении.

Работа моечной головки. Моющая головка с помощью механизма перемещения (роботизированного, ручного) устанавливается центральной осью насадки корпуса ортогонально к поверхности. Насадка-корпус плотно (без зазоров) прижимается к поверхности с усилием, обеспечивающим

минимальную деформацию краевой части насадки-корпуса, выполненной из эластичного материала (например, резины). При подаче моющего и дезинфицирующего средства в головку происходит одновременное перемещение ее вдоль поверхности и откачка отработанной жидкости вакуумным насосом через межстеночное пространство. Реагент через формирующие сопла попадает на поверхность. Проходя через боковые сопла реагент создает гидродинамический эффект и вращает головку. Высота контактирующей с поверхностью насадки регулируется в зависимости от угла распыления.



1 – шланг подвода реагента; 2 – шланг отвода реагента; 3 – подвижный элемент (подшипник); 4 – межстеночное пространство;
5 – насадка; 6 – рукоять

Рисунок 3.9 – Моечная головка

Мелкодисперсная среда моющего и дезинфицирующего реагента под действием разрежения движется с большой скоростью в зазор межстеночного пространства насадки-корпуса, предварительно отраженная от поверхности (вектор направления движения меняется минимум один раз на угол в пределах $90 - 180^\circ$). Затем вакуумным насосом она удаляется в трубопровод, формируясь жидкую фазу с последующей фильтрацией и повторным использованием.

На рисунке 3.10 изображен разрез вращающейся головки с соплами.



Рисунок 3.10 – Вращающаяся головка распыления

Данные особенности позволяют применять моечную головку для мойки и дезинфекции поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока повышенного объема (более 300 л) из большинства известных материалов, в том числе полимерных.

3.4. Разработка конструкции портативного озонатора для дезинфекции внутренних поверхностей емкостей без предварительной мойки

Для установки была разработана конструкция портативного малогабаритного озонатора, рисунок 3.11. Устройство состоит из озонатора,

соединенного через переходник с компрессором поршневого типа. После включения компрессора и озонатора происходит прокачивание озонированного воздуха через устройство барботации (гибкая трубка), размещенное на дне сосуда с жидкостью. Изменяя производительность компрессора и параметры питания озонатора, можно использовать данное устройство для озонирования различных объемов жидкостей, а сменная барботационная насадка позволяет проводить озонацию жидкостей различной природы. Принципиальная схема озонатора представлена на рисунке 3.12.

Техническим результатом изобретения является повышение эффективности очистки воздуха и уменьшение габаритных размеров при сохранении относительной простоты конструкции за счет отсутствия в предлагаемой конструкции необходимости в большом количестве диэлектрических элементов расширяется диапазон применения.

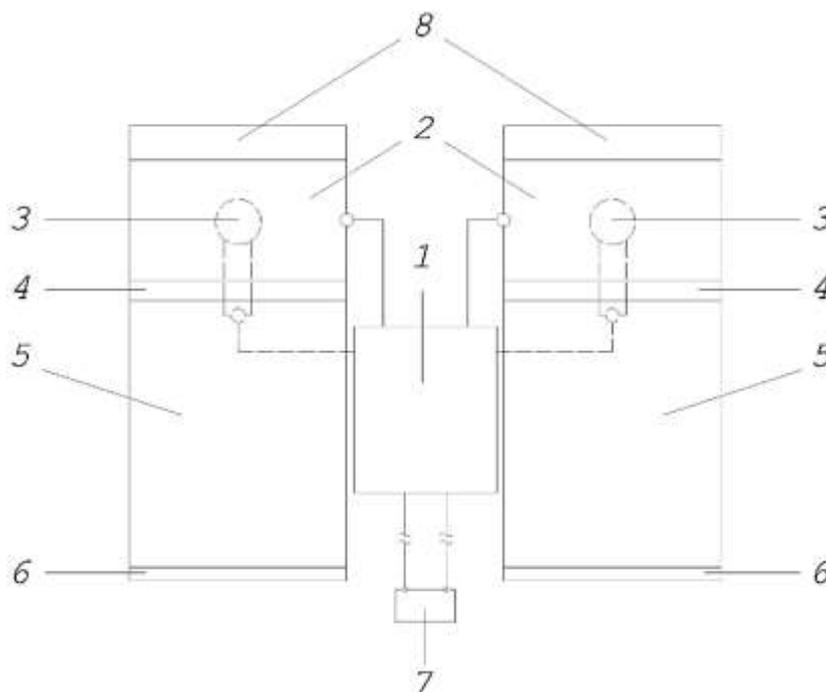


Рисунок 3.11 – Озонатор. Общий вид

Указанный технический результат достигается тем, что малогабаритный озонатор, содержащий источник высоковольтного напряжения, к которому подключены коаксиально расположенные электроды с воздушной прослойкой между ними, отличающийся тем, что на корпусе дополнительно закреплены вентиляторы для нагнетания озонированного воздуха, а также патрубки с

пылевыми и антибактериальными фильтрами и две пары электродов, при этом проводящие электроды выполнены в форме колец, а коронирующие – в форме разрядников с шарообразной головкой.

На корпусе дополнительно закреплены вентиляторы для нагнетания озонированного воздуха, а также патрубки с пылевыми и антибактериальными фильтрами и две пары электродов, при этом проводящие электроды выполнены в форме колец, а коронирующие – в форме разрядников с шарообразной головкой.



1 – источник высоковольтного напряжения; 2 – коаксиально расположенные проводящий; 3 – коронирующие электроды; 4 – диэлектрическая прокладка-держатель для коронирующего электрода; 5 – патрубки; 6 – пылевые и антибактериальные фильтры; 7 – источник питания 12 В; 8 – вентиляторы, которые размещаются перед проводящими электродами

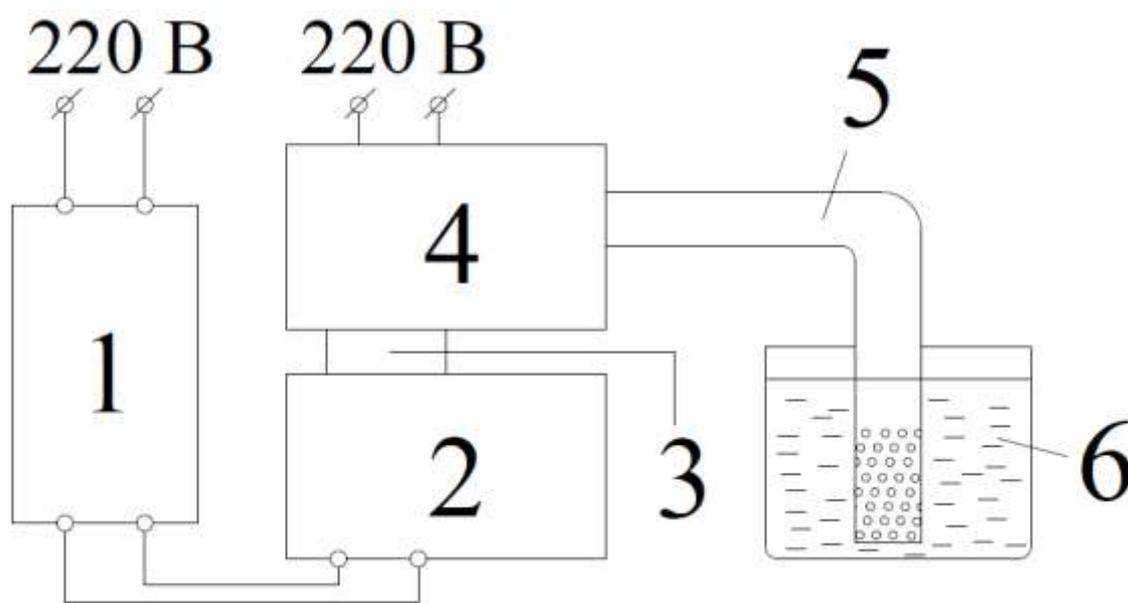
Рисунок 3.12 – Принципиальная схема портативного озонатора

Устройство работает следующим образом. При включении источника высоковольтного напряжения 1, на электродах 2 и 3 озонатора возникает коронный разряд, который позволяет образовывать озон из кислорода в воздухе. Образующийся озон выносится потоками воздуха, создаваемого вентиляторами 8, размещаемыми перед проводящими электродами. Патрубки

5 совместно с фильтрами 6 обеспечивают отсутствие пыли и иных нежелательных примесей в рабочем пространстве.

Предлагаемое устройство имеет изобретательский уровень, так как за счет выполнения головок коронирующих электродов в виде сферы разряд распределяется более равномерно, а общая конструкция озонирующего элемента не предполагает использования большого количества диэлектрических элементов.

Технологическая схема производства озонированной воды представлен на рисунке 3.13.



- 1 – блок питания с регулировкой выходного тока и напряжения; 2 – озонатор (рабочее напряжение – 3,8 В, сила тока – 1,9 А); 3 – переходник; 4 – компрессор; 5 – гибкая выходная трубка с перфорацией; 6 – сосуд с жидкостью

Рисунок 3.13 – Технологическая схема приготовления озонированной воды

Предлагаемый озонатор имеет высокую производительность и в тоже время малые размеры. За счет простоты конструкции и легкости модификации возможно изготовление как малых переносимых устройств, так и интегрированных решений, то есть промышленно применимо и для его

реализации могут быть частично использованы промышленно выпускаемые и общедоступные детали.

Кроме того, данный озонатор применим как отдельно, так и совместно с комплексной моечной установкой. В установке он применяется для создания дезинфектанта в виде озонированной воды с последующим ее распылением по внутреннему пространству емкостей.

3.5. Выводы по главе

1. Разработаны экспериментальные установки и определен обобщенный алгоритм проведения экспериментальных исследований мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока методом распыления ультрамалого объема реагента.

2. Разработана конструкторско-технологическая схема комплексной моечной установки и определены ее оптимальные параметры с учетом технологий ультразвука и озонации.

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ ВНУТРЕННИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЕМКостей СБОРА, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ МОЛОКА

4.1. Результаты экспериментальных исследований мойки поверхностей

Было проведено исследование на степень загрязняемости поверхностей в зависимости от рода материала, степени шероховатости и пространственного положения поверхности, тем самым проверялись адгезионные свойства молока и материала в разных условиях. Исследовались шесть образцов, рисунок 4.1: сталь 15 с шероховатостями Ra (0,15; 0,2; 0,4; 0,8 мкм), №образца 1 – 4; ПВХ, №образца 5; ПЭВП, №образца 6, рисунок 4.1.

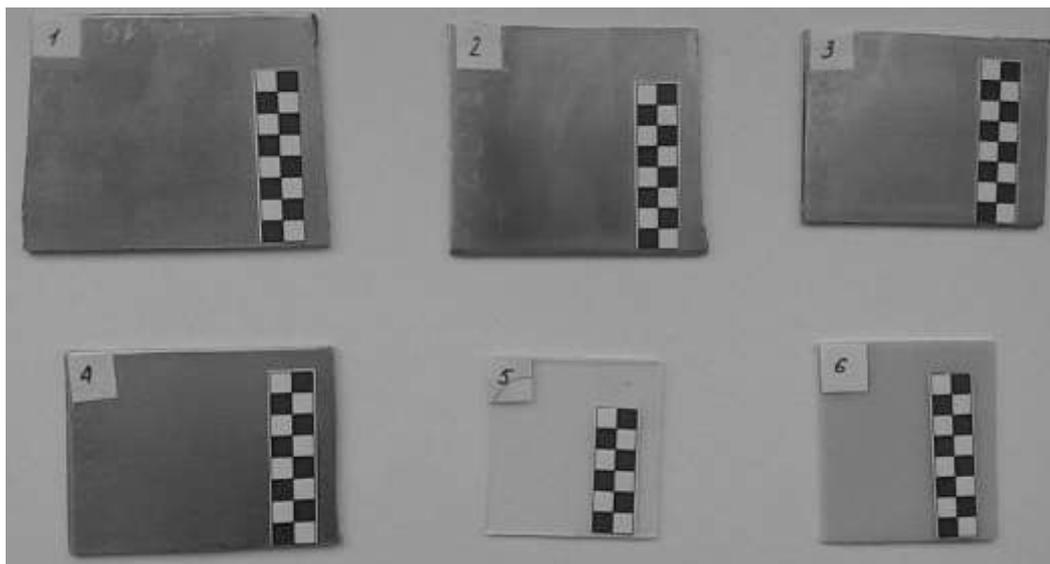


Рисунок 4.1 – Испытуемые образцы материалов

За рабочую гипотезу было принято следующее утверждение – шероховатость поверхности и ее пространственное расположение прямо пропорционально влияет на степень ее загрязнения. Это влияние характеризуется тем, что с увеличением степени шероховатости увеличивается площадь соприкасающейся с загрязнителем поверхности, что в свою очередь повышает такие адгезионные эффекты как капиллярность и смачиваемость [108, 109].

Поверхностное натяжение оказывает существенное влияние на механику движения загрязнителя по поверхности и форму его капель, в первую очередь на скорость течения. Скорость важна при оценке времени извлечения продукта и удаления его с внутренней поверхности емкости. Низкая скорость может являться причиной потери влаги в загрязнителе, например, в процессе испарения, повышением его вязкости и прилипанию к поверхности [110].

Качественный показатель загрязняемости определялся по косвенным количественным параметрам остаточной массы продукта на поверхности и скорости протекания его по поверхности. Определение скорости протекания производился с целью имитации слива продукта из системы оборудования, так как остатки продукта в процессе стекания по поверхности подвергаются высыханию, что способствует увеличению адгезии [111]. В качестве загрязнителя было выбрано молоко жирностью 3,5%, соответствующее ГОСТ Р 31449 – 2013, как наиболее распространенный продукт сельского хозяйства.

Исследование состоит из трех отдельных экспериментов:

1) определение зависимости остаточной массы загрязнителя от шероховатости пластины при капельном течении. На поверхности пластин с разной степенью шероховатости на одинаковом расстоянии наносилось определенное количество загрязнителя ($m_3 = 0,02$ г). Через заданный промежуток времени (10 с) пластины взвешивались и определяли массу загрязнителя на них, предварительно зная массу чистых пластин.

2) Определение зависимости остаточной массы загрязнителя от шероховатости при пленочном течении. Пластины одной гранью погружали в загрязнитель. Затем пластину вывешивали параллельно действию силы тяжести, давая возможность стечь части загрязнителя, которая не прилипла к поверхности. Затем проводилось взвешивание, определяя массу загрязнителя на пластине.

3) Определение зависимости скорости капельного течения от шероховатости пластины, а также от ее пространственного положения. При

помещении определенного количества молока в заданную точку поверхности, расположенную под определенном углом, производилась видеосъемка стекания загрязнителя по поверхности. После чего, проводя покадровый анализ, по известному расстоянию и частоте кадров определяли скорость капли по поверхности. Эксперимент проводился при углах наклона 30°, 45° и 60°.

Результаты экспериментов сведены в таблицы 4.1 и 4.2.

Таблица 4.1 – Сводные данные по массовым экспериментам (1 и 2) загрязнения материалов

Образец	1	2	3	4	5	6
R_a , мкм	0,15	0,2	0,4	0,8	0,001	0,1
$m_{пл}$, г	55,9609	51,4991	43,5149	43,0077	2,1552	2,4184
m_k , г	55,9628	51,5124	43,519	43,0154	2,1629	2,4301
m_n , г	56,0083	51,5765	43,5871	43,0736	2,1784	2,4634
F , мм ²	3729,6731	3486,1239	2995,2181	2948,4958	1892,0592	2249,7775
$m_{зк}$, г	0,0019	0,0133	0,0041	0,0077	0,0077	0,0117
$m_{зн}$, г	0,0474	0,0774	0,0722	0,0659	0,0232	0,045
$m_{уд}$, г·10 ⁻⁵	2,0002	2,22023	2,23504	2,41051	1,22618	1,27089

В таблице 4.1 представлены номера образцов, шероховатости их исследуемых поверхностей (R_a), массы чистых пластин ($m_{пл}$), массы пластин, после обработки загрязнителем заданного количества (m_k), массы пластин после погружения гранью в загрязнитель (m_n), площади поверхностей пластин (F), массы остатка загрязнителя, после обработки пластин заданным количеством ($m_{зк}$), массы остатка загрязнителя на пластинах, после их погружения в загрязнитель ($m_{зн}$) и удельные массы загрязнителя на пластинах ($m_{уд}$).

Удельная масса загрязнителя на пластинах была принята за наиболее объективный показатель загрязненности поверхностей пластин, так как она учитывает площадь поверхностей, реагирующей с загрязнителем, и рассчитывалась по формуле:

$$m_{y\partial} = \frac{m_{3n}}{F}, \quad (71)$$

Таблица 4.2 – Данные зависимости скорости течения загрязнителя по поверхностям пластин в зависимости от шероховатости и угла наклона

$\alpha = 30^\circ$						
Образец	1	2	3	4	5	6
n, шт.	102	573	197	189	52	58
N, с ⁻¹	35	36	34	36	35	35
l, мм	35	33	35	35	25	35
$v_{cp} \cdot 10^{-3}$, м/с	12,01	3,084	6,041	6,667	16,827	21,121
$\alpha = 45^\circ$						
Образец	1	2	3	4	5	6
n, шт.	139	105,5	9,5	342	6	6
N, с ⁻¹	36	36	35	35	35	36
l, мм	35	35	35	35	25	35
$v_{cp} \cdot 10^{-3}$, м/с	9,065	12,004	128,947	3,582	145,833	210
$\alpha = 60^\circ$						
Образец	1	2	3	4	5	6
n, шт.	9	7	7	6,5	6	3
N, с ⁻¹	36	37	35	35	35	35
l, мм	35	33	35	35	25	35
$v_{cp} \cdot 10^{-3}$, м/с	140	177,885	175	188,462	145,833	408,333

Определение скорости заданного количества загрязнителя по поверхности производилось с помощью видеосъемки по известному расстоянию (l). Отношение количества кадров (n) перемещения на известную скорость съемки (N) представляет собой время, затрачиваемое загрязнителем на преодоление расстояния. Отношение расстояния на время позволило рассчитать скорость загрязнителя с учетом шероховатости (R_a) и угла наклона поверхности пластины (α). Общая формула для расчета скорости представляет собой следующий вид:

$$v = \frac{N \cdot l}{n \cdot 1000}, \quad (72)$$

В таблице 4.2 v_{cp} является усредненным значением скорости повторных экспериментов для некоторых образцов. Данные зависимости скорости от угла наклона пластины представлены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Зависимость скорости загрязнителя по поверхности пластины в зависимости от угла наклона

R_a , мкм	0	0,1	0,15	0,2	0,4	0,8
$\alpha = 30^\circ$						
$v_{cp} \cdot 10^{-3}$, м/с	17	21	12	3	6	7
$\alpha = 45^\circ$						
$v_{cp} \cdot 10^{-3}$, м/с	145	210	9	12	130	4
$\alpha = 60^\circ$						
$v_{cp} \cdot 10^{-3}$, м/с	146	408	140	178	175	189

В результате применения метода интерполяции данных по Лагранжу были получены функциональные зависимости рассматриваемых количественных и качественных параметров загрязненности поверхности от степени шероховатости пластин.

Зависимость удельного веса загрязнителя от изменения шероховатости:
 $m_{уд}(R_a) = 0.1444 R_a^5 - 0.2173 R_a^4 + 0.1022 R_a^3 - 0.01788 R_a^2 + 0.001047 R_a + 1.226 \cdot 10^{-5}$

Зависимость скорости течения загрязнителя по поверхности при наклоне 30° от изменения шероховатости:

$$v_c(R_a) = 9.751 R_a^5 - 21.35 R_a^4 + 15.95 R_a^3 - 4.553 R_a^2 + 0.3591 R_a + 0.01683$$

Зависимость скорости течения загрязнителя по поверхности при наклоне 45° от изменения шероховатости:

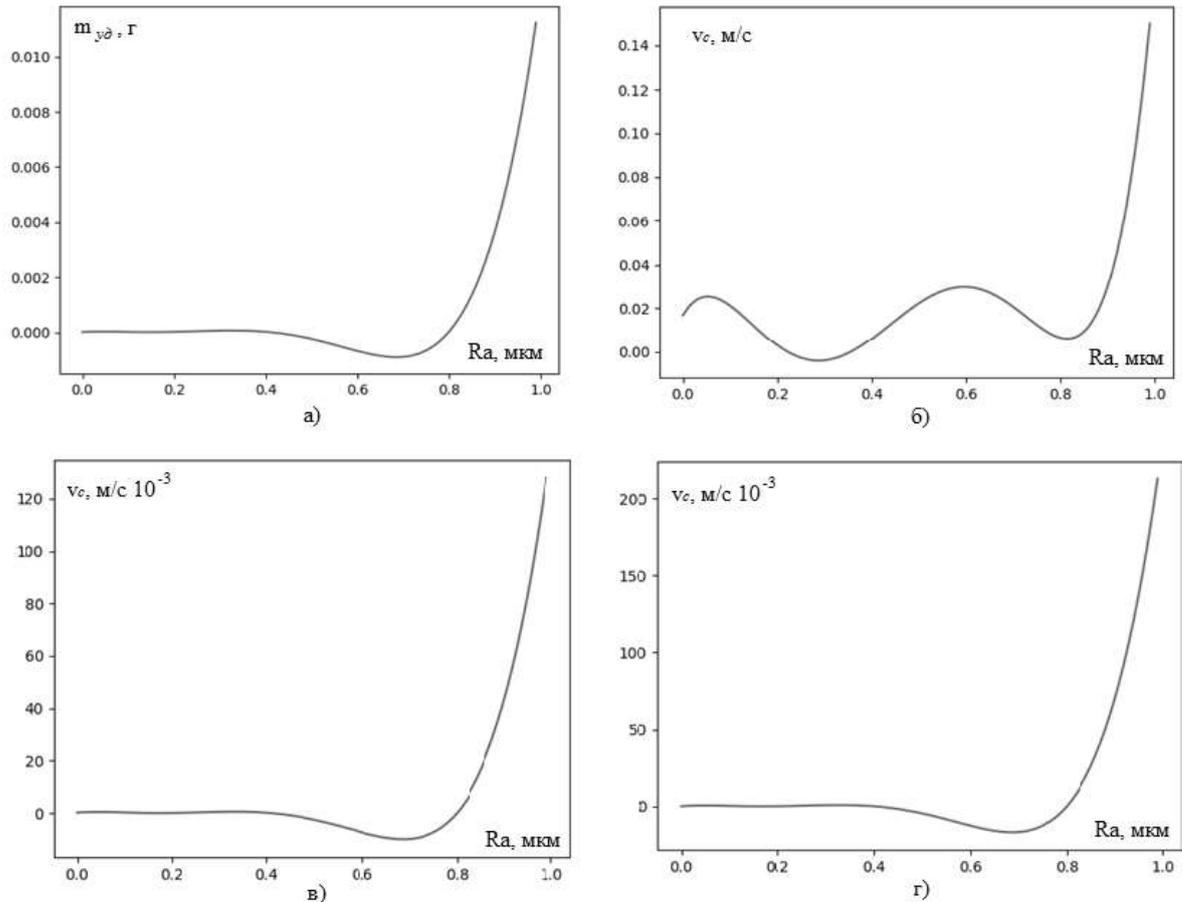
$$v_c(R_a) = 1746 R_a^5 - 2704 R_a^4 + 1336 R_a^3 - 250.8 R_a^2 + 14.89 R_a + 0.1458$$

Зависимость скорости течения загрязнителя по поверхности при наклоне 60° от изменения шероховатости:

$$v_c(R_a) = 2851 R_a^5 - 4391 R_a^4 + 2157 R_a^3 - 407 R_a^2 + 25.87 R_a + 0.1458$$

На рисунке 4.2 представлены графики указанных полиномов.

При этом следует отметить, что коррелируемость полученных значений скорости со степенью шероховатости при увеличении угла наклона уменьшается, однако всегда обратно пропорционально. Удельная масса загрязнителя коррелируется прямо пропорционально. Коэффициенты корреляции представлены в таблице 4.4.



а) $m_{y\partial}(R_a)$; б) $v_c(R_a)$ при 30° ; в) $v_c(R_a)$ при 45° ; г) $v_c(R_a)$ при 60°

Рисунок 4.2 – Графики полиномов

Таблица 4.4 – Коэффициенты корреляции параметров загрязнителя с шероховатостью

Соотношение $f(x)$	$m_{y\partial}(R_a)$	$v_c(R_a)$		
Угол, α°	-	30	45	60
Коэффициент корреляции, C	0,62	-0,57	-0,48	-0,15

Слабая корреляция скорости от шероховатости объясняется образованием тонкой пленки жидкости над поверхностью. В связи с чем, капля движется не столько по поверхности, сколько по натянутой над ней пленке.

Анализ также показал, что независимо от степени шероховатости существует устойчивое соотношение скорости течения загрязнителя от

пространственного положения поверхности пластины, коэффициент корреляции $C > 0,8$.

В результате исследования можно сделать следующие выводы:

- шероховатость поверхности оказывает непосредственное влияние на степень ее загрязняемости;
- скорость загрязнителя (молока) зависит от его адгезионных свойств и материала поверхности;
- скорость загрязнителя (молока) зависит от пространственного расположения поверхности;
- количество загрязнителя (в массовом выражении) растет прямо пропорционально увеличению шероховатости;
- скорость загрязнителя имеет слабую обратную зависимость от степени шероховатости поверхности;
- зависимость скорости от шероховатости обратно пропорциональна с изменением пространственного положения поверхности.

Кроме того, наблюдается некоторая зависимость процесса загрязняемости внутренних поверхностей промышленных и транспортируемых емкостей, используемых в сельском хозяйстве (например, для молока такими условными емкостями являются молочные цистерны, фляги, а также элементы доильных установок, в том числе трубопроводы), от применяемых материалов и технологий их обработки. Такая зависимость предполагает пересмотреть подходы к выбору конструкционных материалов, их обработки, а также технологии мойки и очистки.

Экспериментальное исследование влияния параметров материала поверхности и температурных режимов на загрязняемость. Была выдвинута гипотеза – материал конструкции, адгезионные свойства загрязнителя и моющего реагента влияют на качество и экономичность процессов мойки и дезинфекции.

Для подтверждения данной гипотезы было проведено исследование, целью которого является определение зависимости коэффициента

смачиваемости на границе раздела фаз жидкость–поверхность–воздух от температурных режимов жидкости и поверхности и материала. В качестве жидкости рассматривались загрязнитель (молоко с процентным содержанием жира $3,2 \pm 0,2$ %) и моющий реагент (питьевая вода и 0,3 % раствор кальценированной соды). Основной задачей исследования зависимости было измерение угла смачиваемости на указанной границе раздела.

Общий ход работы представлял собой следующее: образцы материалов поверхностей (пластины) подвергались температурному воздействию до достижения заданной температуры поверхности. Загрязнитель и моющий реагент также подвергались температурному воздействию. Заданное количество загрязнителя и моющего реагента (по 2 мл) помещались на поверхности пластин в различных температурных сочетаниях. Затем производилась фотосъемка в плоскости, ортогональной к пластине таким образом, чтобы была достаточно четко видна исследуемая граница раздела фаз. Далее с помощью компьютерной обработки снимка определялся угол смачивания (программа КОМПАС-3D).

Установление пониженной температуры добивались путем помещения образцов в холодильную камеру, а повышенной температуры – путем равномерного нагрева (для пластин в водной среде, для загрязнителя и моющего реагента – непосредственный подогрев). В данном контексте под пониженной и повышенной температурой следует понимать температуру соответственно ниже и выше температуры окружающей среды.

Материалами пластин были следующие:

- сталь 15 с шероховатостями образцов $R_a = 0,15; 0,2; 0,4; 0,8$ мкм;
- полимер ПВХ;
- полимер ПЭВП.

В таблице 4.5 приведены результаты угла смачиваемости на границе раздела фаз при температуре материала равной температуре окружающей среды. В таблице 4.6 результаты при различных температурах материала, на рисунке 4.3 приведены фотоснимки капель.

Таблица 4.5 – Угол смачиваемости (в град.) при фиксированной температуре материала и окружающей среды, $t_m = t_{окр} = 30-31$ °С

Материал	ПВХ	ПЭВП	Ст. 15 $R_a = 0,15$	Ст. 15 $R_a = 0,2$	Ст. 15 $R_a = 0,4$	Ст. 15 $R_a = 0,8$
Вода, $t_{хв} = 15$ °С	96,13	82,4	106,13	93,2	88,8	111,37
Вода, $t_{гв} = 51-59$ °С	67,42	80,2	73,05	70,07	76,52	69,78
Молоко, $t_m = 30-31$ °С	75,32	79,85	68,85	76,32	50,9	79,83
Раствор моющего средства, $t_{мс} = 15$ °С	14,43	7,08	14,03	19	20,88	25,58
Обозначения: $t_{хв}$ – пониженная температура воды; $t_{гв}$ – повышенная температура воды; t_m – температура молока; $t_{мс}$ – температура моющего средства.						

В столбце «Обработка» таблицы 4.6 отмечалось, что пластина после охлаждения подвергалась обработке сухой салфеткой.

Таблица 4.6 – Угол смачиваемости (в град.) при различных температурах материала

Материал	ПВХ	ПВХ	ПЭВП	ПЭВП	Ст. 15 $R_a = 0,15$				
$t_b, °C$	24- 25	27- 28	27- 28	24- 25	29- 30	24- 25	27- 28	29- 30	17- 19
$t_{обр}, °C$	12- 13	15- 17	16- 17	14- 15	8	9- 10	7- 9	8- 10	17- 18
Обработка	нет	да	да	да	нет	нет	Да	да	Да
$\theta, °$	0	87,05	106,22	94,72	0	0	60,18	57,68	67,15
Обозначения: t_b – температура воды; $t_{обр}$ – температура материала (пластины); $t_{окр} = 30-31$ °С – температура окружающей среды; θ – краевой угол смачивания.									

Такая обработка оказалась необходимой после того, как было замечено на поверхности пластины тонкий слой жидкости (предположительно конденсата, причем образованного в холодильной камере), который резко

уменьшал краевой угол смачивания вплоть до 0 (для сравнения в таблице также показаны данные результаты).

Следует отметить, что шероховатость влияет на угол смачивания по-разному для разных жидкостей. Так для относительно однородных жидкостей (вода и, в некоторой степени, молоко) показывали уменьшение угла, а раствор – увеличение. Однако молоко также является раствором и имеет меньший угол смачивания, чем у воды.

Кроме того, образующаяся тонкая пленка на поверхности пластины (причем не важно из какого она материала) способствует резкому уменьшению краевого угла, что, вероятно, связано с переходом из системы твердое тело–газ–жидкости в систему газ–жидкость–жидкость. Однако, образование тонкого жидкостного слоя способствует общей смачиваемости и соответственно может повысить качество процессов мойки и дезинфекции. В связи с чем, перспективным направлением в повышении качества и экономичности данных процессов является применение технологий опрыскивания ультрамалым объемом жидкости (аэрозолями, туманами).

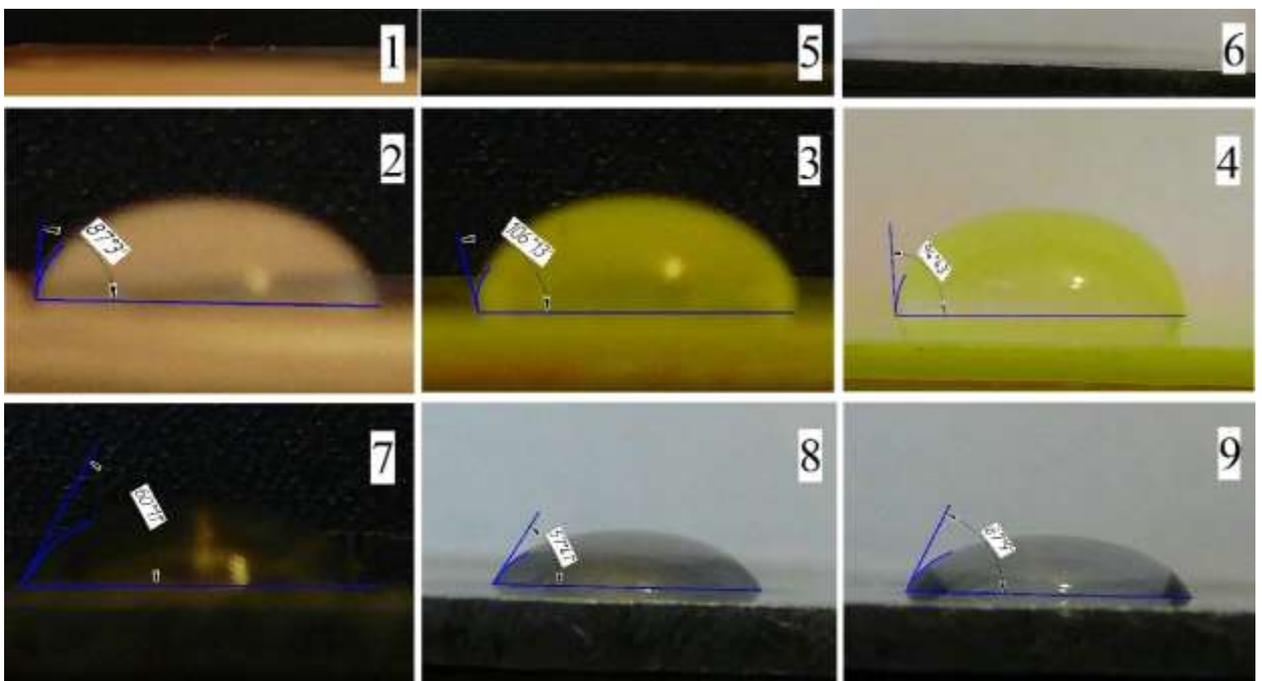


Рисунок 4.3 – Фотоснимки эксперимента

По имеющимся результатам эксперимента можно сделать следующие выводы:

- материал поверхности и температурный режим одинаково действует на свойства адгезии как загрязнителя, так и моющего реагента;
- полимерный материал подвержен меньшей загрязняемости, что характеризуется меньшими затратами моющего реагента в процессе мойки;
- температурный режим непосредственно влияет на адгезионные свойства материала, загрязнителя и моющего реагента, при этом повышение температуры уменьшает краевой угол смачивания, а уменьшение температуры – увеличивает;
- шероховатость материала оказывает влияние на краевой угол смачивания.

4.2. Результаты экспериментальных исследований дезинфекции поверхностей

Экспериментальное исследование влияния шероховатости поверхностей металлических и полимерных материалов, распространенных в мировой практике сельского хозяйства, на их биологическую активность и локальную коррозию поверхности проводилось по отношению к бактериям, питательной средой которых является молочное сырье. На пластины наносилось равное количество молока (2 мг). После этого пластины оставлялись на открытом воздухе в течении трех суток при температуре окружающей среды $t = 27$ °С. После выдержки был произведен смыв загрязнителя с поверхности пластин, затем была произведена визуальная их оценка. На образцах 5 и 6 (полимерные материалы) каких-либо видимых следов коррозии на поверхности обнаружено не было, а на образцах 1 – 4 такие следы присутствовали [112].

В качестве исследуемых материалов использовались стали марок 15 и 20Х13, а также полимерные материалы: полиэтилен высокой плотности

(ПЭВП) и поливинилхлорид (ПВХ). Пластины материалов разрезались на части, каждая из которых доводилась до определённой шероховатости поверхности. При этом проводилось измерение возможной неравномерности структуры и свойств пластин из стали 15 по изменению магнитного поля (рисунок 4.4) «малым» зондом измерителя магнитной индукции ИМИ-3. При этом неравномерность магнитного поля на всех образцах составляла не более 0,1 Гс, находясь в пределах погрешности измерения.



Рисунок 4.4 – Измерение магнитного поля пластины «малым» зондом ИМИ-3

Проведенная серия измерений показала неравномерность магнитного поля пластин в пределах 0,1 Гс (подобное значение можно считать допустимой погрешностью), что говорит об отсутствии влияния биокоррозии на магнитное поле испытываемых стальных пластин вследствие действия бактерий вне зависимости от марки стали. Расчет шероховатости показал следующие полученные значения для стальных поверхностей: $R_a = 0.15$ мкм, $R_a = 0.2$ мкм, $R_a = 0.4$ мкм, $R_a = 0.8$ мкм. После этого пластины взвешивались с точностью до 0,01 г, и на них наносилось равное количество молока с процентным содержанием жира 3,2 – 4,5 % из одной емкости и периодом хранения менее суток [111].

После этого пластины снова взвешивались и оставлялись на открытом воздухе при температуре окружающей среды на трое суток. Затем было произведено повторное взвешивание образцов, и смыв остатков от капель молока с образцов. Результаты по пластинам из стали 20X13 сведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Результаты эксперимента для стали 20X13

Шероховатость R_a , мкм	0,15	0,2	0,4	0,8
Масса до добавления молока, г	56,00	51,52	43,54	43,04
Масса после добавления молока, г	56,02	51,54	43,56	43,06
Масса после выдержки, г	56,00	51,52	43,54	43,04

Визуальный осмотр участков пластин на местах нахождения на них капель молока показал наличие следов на пластине с шероховатостью $R_a = 0.8$ мкм. Более детальное исследование пластин на металлографическом микроскопе NEOFOT при увеличении 750^x показывает потемнение поверхности на месте нахождения капли на пластине с шероховатостью $R_a = 0.8$ мкм, причём потемнение идет по рискам шероховатости после шлифовки, что предполагает наличие в этих местах колоний бактерий (рисунок 4.5).

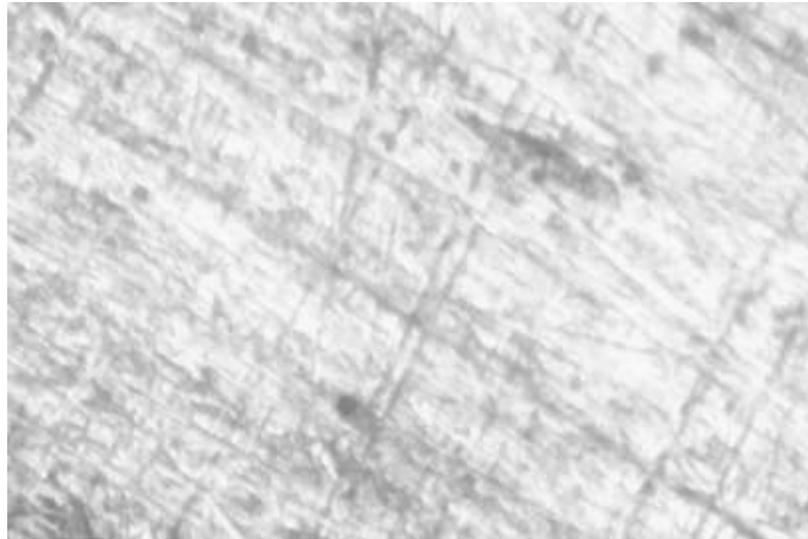


Рисунок 4.5 – Поверхность пластины с шероховатостью $R_a = 0.8$ мкм из стали 20X13 в месте расположения капли молока под микроскопом, увеличение 750^x

Эксперименты на полимерных образцах показали практически полное высыхание влаги в каплях молока на их поверхности (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Массы образцов полимерных пластин ПВХ и ПЭВП

Материал полимера	ПВХ	ПЭВП
Масса образцов начальная, г	2,10	1,60
Масса образцов после нанесения капли, г	2,20	1,70
Масса образцов после выдержки, г	2,14	1,64

После выдержки в течение трех суток и удаления остатков капель никаких визуальных следов на поверхностях пластин обнаружено не было. В связи с чем, можно сделать вывод об относительной нейтральности к биологическим жидкостям ПЭВП и ПВХ.

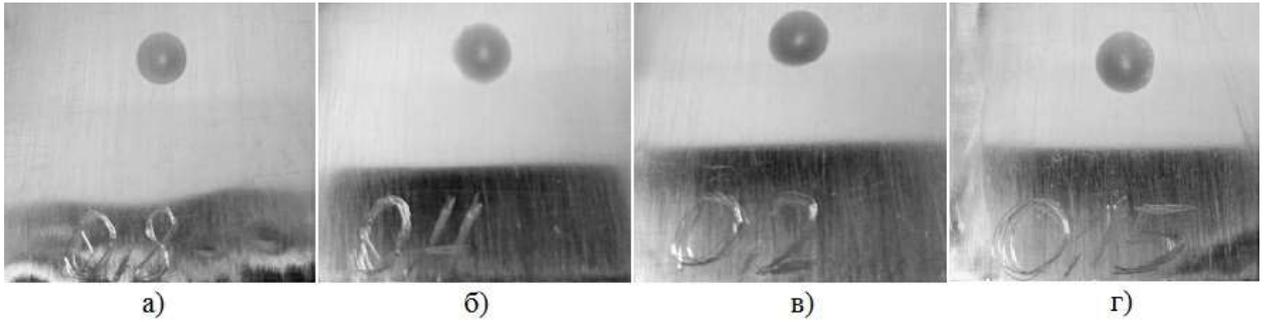
Аналогичное исследование было проведено в отношении пластин из стали 15. Поверхности данных пластин были также подготовлены на шероховатость с теми же значениями.

В таблице 4.9 показаны данные по массе пластин из стали 15 при проведении эксперимента.

Таблица 4.9 – Массы образцов пластин из стали 15

Шероховатость R_a , мкм	0,15	0,2	0,4	0,8
Масса до добавления молока, г	4,84	4,80	4,88	5,10
Масса после добавления молока, г	4,90	4,86	4,94	5,18
Масса после выдержки, г	4,86	4,82	4,90	5,12

Из этих данных можно сделать вывод о повышенном остатке продуктов скисания молока на пластинах из малоуглеродистой стали. Полученные фотографии подтверждают данный факт (рисунок 4.6).

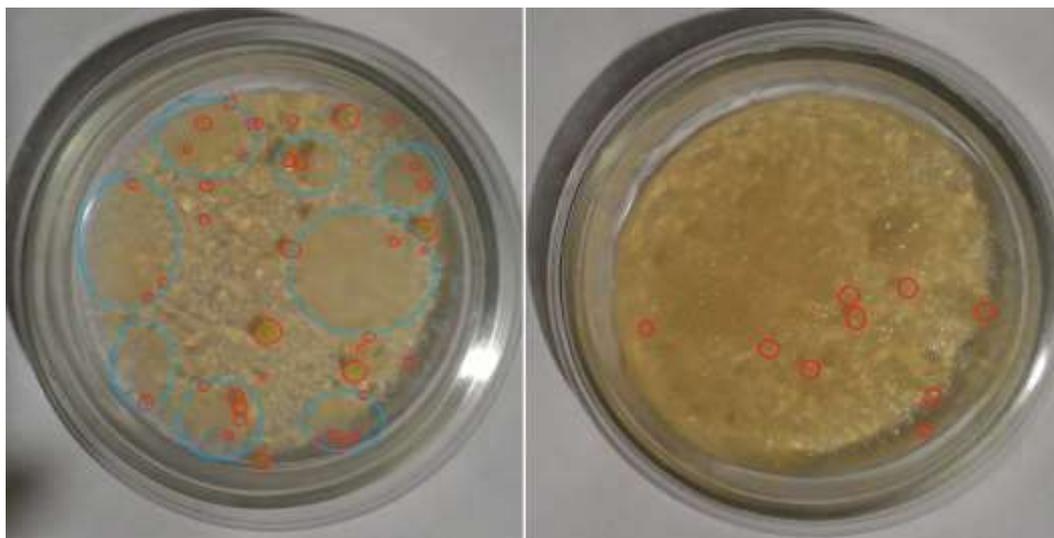


а) $R_a = 0.8$ мкм, б) $R_a = 0.4$ мкм, в) $R_a = 0.2$ мкм, г) $R_a = 0.15$ мкм

Рисунок 4.6 – Образцы пластин из стали 15 после смыва молока с шероховатостями

В результате проведенного исследования можно сделать выводы:

- о малой пригодности стали 15 для контакта с молочнокислыми средами;
- о слабой зависимости коррозионной стойкости от степени шероховатости (во всяком случае, при $R_a = [0.15; 0.8]$ мкм);
- выбор материала существенно влияет на биологическую обсемененность поверхности.



а)

б)

а) Нержавеющая сталь AISI 304; б) Фторопласт-3

Рисунок 4.7 – Бактериологическое загрязнение пластин

Таблица 4.10 – Результаты эксперимента

Материал	Нержавеющая сталь AISI 304	Фторопласт-3
Кол-во колоний бактерий, КОЕ/100 см ²	38	9
Колонии плесени	8	-

Экспериментальное исследование бактериологического загрязнения внутренних поверхностей емкостей из нержавеющей стали и фторосодержащего полимера (фторопласта). В ходе эксперимента на поверхности из двух материалов наносилось молоко с процентным содержанием жира 3,2 % по всей площади (100 см²). После чего производился смыв молочного сырья с поверхностей. Пластины помещались на сутки в вентилируемые боксы, предотвращающие от попадания на них механических загрязнений, но позволяющие быть зараженными через атмосферу окружающей среды. Затем с пластин ватными палочками были сделаны смывы и произведен посев в чашки Петри. После культивирования были получены результаты, представленные в таблице 4.10 и на рисунке 4.7.

По полученным результатам видно, что материалы с антибактериальными элементами в своей структуре позволяют уменьшить количество бактерий на поверхности. Следует также отметить, что на образце из фторопласта не было обнаружено развитие продуктов порчи (плесени), которые не допустимы.

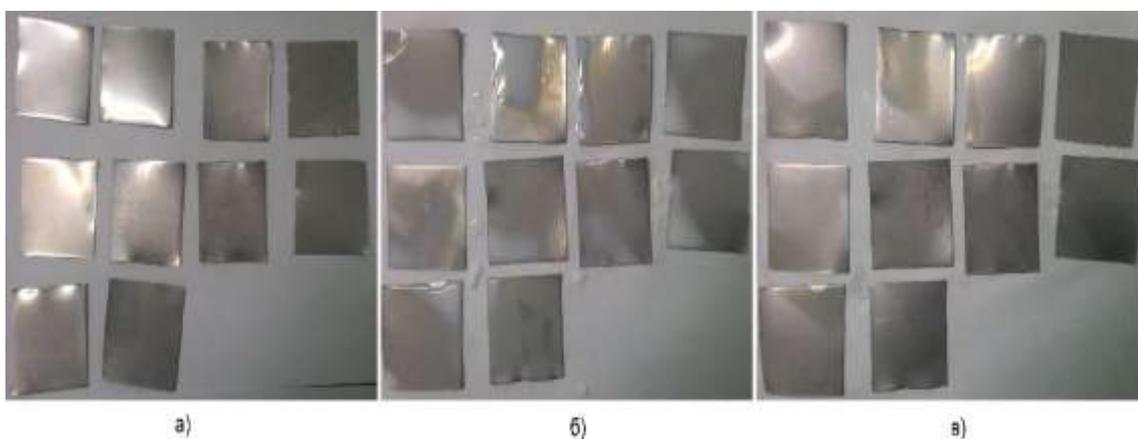
Снижение бактериологического заражения позволит:

- снизить затраты на повторную мойку емкостей хранения и транспортирования, особенно после простоев данного оборудования;
- повысить время транспортирования порожней емкости до места погрузки, которое на данный момент ограничено (не более 3 ч, в противном случае необходима повторная мойка).

4.3. Результаты экспериментов по определению эффективности методов дезинфекции, рецептур моющих средств при распылении и режимов комбинированной моечной установки

Для исследования методов дезинфекции поверхностей емкостей хранения и транспортирования молочного сырья был поставлен эксперимент, целью которого является оценка эффективности обеззараживания на разных режимах поверхности сельскохозяйственного оборудования молочных ферм после длительного простаивания без мойки. В качестве объекта исследования выступал показатель колониеобразующих единиц бактерий группы кишечных палочек и стафилококки, а также *Pseudomonas aeruginosa* [112]. Предметом исследования выступали пластины из пищевой нержавеющей стали AISI 316, рисунок 4.8.

Проверялись следующие режимы дезинфекции: выдерживание под вакуумом; озонирование; мойка горячей водой; пропаривание; распыление моющего дезинфицирующего раствора ультрамалым объемом [110, 112].



а) до обработки молоком; б) после обработки молоком; в) после выдержки

Рисунок 4.8 – Пластины

Подготовка к эксперименту осуществлялась следующим образом: десять пластин с площадью исследуемой поверхности 25 см^2 (размер пластин $50 \text{ мм} \times 50 \text{ мм}$) погружались в молоко, жирностью 3,4 %, с массовой долей

белка не менее 2,8 %, кислотностью 18 °Т, плотностью не менее 1028 кг/м³ (ТУ 9222-242-00419785-04) и предварительно загрязненное патогенными бактериями (бактерии группы кишечной палочки, стафилококками и *Pseudomonas aeruginosa*). Затем излишки молока с пластин удалялись самотеком, путем расположения пластин под углом 60°. Пластины оставались в помещении, имитирующим цех по сбору и хранению молочного сырья с соответствующей окружающей воздушной средой, на сутки. В результате бактериологически загрязненное молоко на пластине высохло, что позволяло смоделировать процесс простоя оборудования [113].

Испытания методов и режимов дезинфекции проводилось по однотипному алгоритму для каждой пластины. В алюминиевую флягу, объемом 5 л с вмонтированным электронагревателем (ТЭН 01.102 D13 R30, мощностью 1 кВт), устанавливалась на подставку, изменяющая высоту в пределах 40 – 150 мм, пластина, с последующим на нее воздействием заданного метода и режима дезинфицирования. Крышка фляги с вмонтированными вакуумметром, термопарой и выходами для подключения трубных магистралей вакуумного насоса и элементов ультразвукового генератора закрывалась с учетом способа воздействия. Уровень жидкости (вода, моющий дезинфицирующий раствор) составлял 50 ± 5 мм. Нагрев жидкости до заданной температуры производился посредством терморегулятора (на базе RS-485 ОВЕН ТРМ101) на основании данных изменения показаний с термопары. Время воздействия каждого типа составляло 15 минут. В качестве моющего дезинфицирующего средства применялся водный раствор хлора и каустической соды в пропорциях 3 % и 0,5 % соответственно. Для испытаний применялась вода централизованной системы питьевого водоснабжения, соответствовавшая нормам [113].

После обработки пластин соответствующим методом и режимом дезинфекции со всей площади ее поверхности брался смыв алюминиевым стержнем со стерильной ватой. Полученный смыв помещался в стеклянную пробирку с физиологическим раствором и запечатывался [113]. Оборудование

для взятия смывов было предварительно стерилизовано в автоклаве. Все образцы смывов были переданы для анализа в Испытательный лабораторный центр ФБУ здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Тамбовской области» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека не позднее 2 ч с момента получения первого смыва. Анализ проводился путем посева на питательную среду в соответствии с МУК 4.2.2942-11.

Отличия испытаний заключались в методах и режимах дезинфицирующего воздействия. Метод выдержки пластины под вакуумом заключался в воздействии на нее давлением $56,9 \pm 2$ кПа. Метод мойки – воздействие на пластину путем ее погружения в моющий дезинфицирующий раствор температурой 65°C . Метод пропаривания – воздействие на пластину горячим паром, образованным при кипячении воды с температурой около 100°C . Метод озонирования – пластина подвергалась воздействию озона, образованного из атмосферы закрытой фляги с помощью помещенного в нее озонатора, поддерживавшего концентрацию озона на уровне $16 \pm 1,5$ мг/л. Метод распыления моющего дезинфицирующего раствора ультрамалого объема – пластина помещалась в закрытую флягу с аэрозольной средой (холодный пар), полученной в результате работы ультразвукового генератора. При этом аэрозольная среда отличалась температурными режимами: 35, 45, 55, 65 и 75°C [113].

Концентрация горячего и холодного пара ограничивалась пределом насыщения.

Анализ образцов смывов, согласно заключению Испытательного лабораторного центра, показал результаты, представленные в таблице 4.11. На рисунке 4.9 показано изменение эффективности применения метода распыления ультрамалого объема моющего раствора в зависимости от температурных режимов.

Таблица 4.11 – Результаты эксперимента

Метод и режим	Контрольный	Вакуум	Горячая вода	Озон	Пар	УМО, 35° С	УМО, 45° С	УМО, 55° С	УМО, 65° С	УМО, 75° С
БГКП, КОЕ/см ³	473	402	134	14	0	21	16	0	0	0
Стафилококки, КОЕ/см ³	121	93	21	8	0	13	4	3	0	0

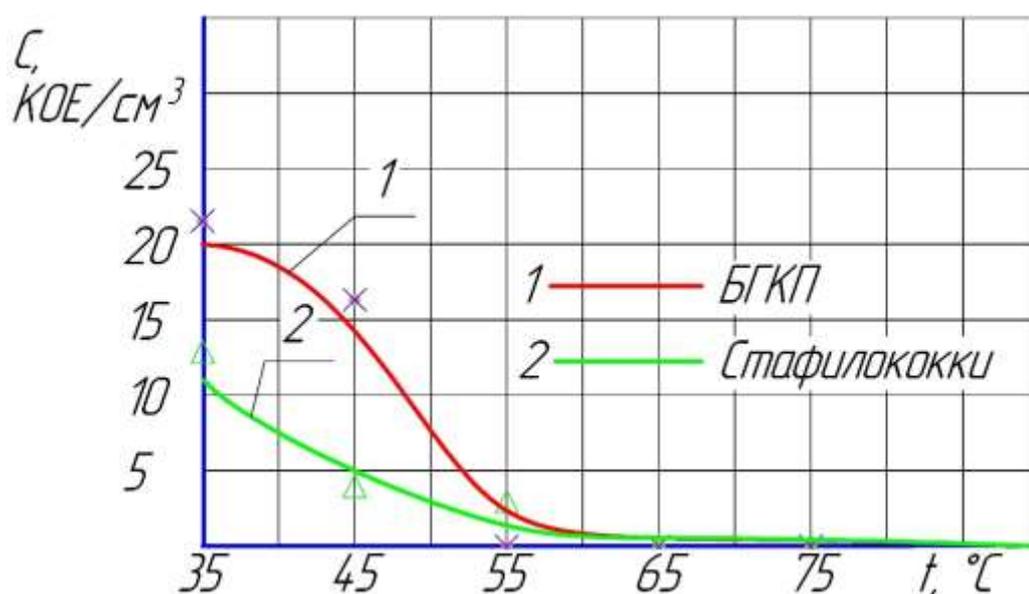


Рисунок 4.9 – Изменение эффективности метода УМО

Данные таблицы 4.11 показывают, что заражение поверхностей бактерией *Pseudomonas aeruginosa* не состоялось, что следует по результатам контрольного образца. Возможной причиной является отсутствие питательных веществ или недостаточное их количество в испытываемом молоке. В связи с чем, можно сделать вывод о том, что данный вид бактерий не представляет особой опасности в заражении сырья. По другим видам исследуемых бактерий наибольшую эффективность показали методы обработки поверхности паром и ультрамалым объемом моющего раствора с температурным режимом 65° С.

Близкие значения к оптимальным показали и методы озонирования и обработки ультрамалым объемом моющего раствора с температурными режимами 45° С и 55° С. При увеличении продолжительности обработки поверхности данными методами возможно достижение оптимальных результатов, то есть отсутствие патогенной микрофлоры.

Сравнительный анализ метода обработки паром и УМО 65° С показал, что затраты электроэнергии на подогрев и удержание температурных режимов оказались выше для пара, 0,24 кВт против 0,16 кВт. Наибольший расход воды и моющего реагента оказался у метода мойки горячей водой, так как остальные методы либо не использовали данные ресурсы (обработка вакуумом и озоном), либо в силу замкнутости системы расход был минимален (в пределах погрешности, связанной с утечкой газообразной жидкости) [113].

К недостаткам обработки паром можно отнести тот факт, что разогретая емкость требует большего времени для охлаждения до температуры окружающей среды, чем при УМО. Данный факт усложняет процесс дезинфекции путем внедрения этапа охлаждения. Кроме того, это негативно влияет на износостойкость применяемых материалов [113 – 122].

Целью эксперимента сравнения рецептур моющих средств для дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока является определение наиболее эффективного реагента при применении метода распыления ультрамалого объема.

Объектом исследования выступала мойка поверхностей реагентами заданных рецептур при равных композициях.

Предметы исследования – зависимость количества бактерий группы кишечных палочек (БГКП), стафилококков и *Pseudomonas aeruginosa* от рецептуры реагента.

Сравнивались 8 образцов моющих средств следующих рецептур:

- озонированная питьевая вода, барбатированная в течение 5 мин.;
- 1 %-й водный раствор азотистой кислоты;
- 1 %-й водный раствор ортофосфорной кислоты;

- 1 %-й водный раствор щелочи;
- рецепт моющего средства по Г.Г. Русаковой (Пат. 2127753 РФ Моющее средство) [114];
- 2,1 %-й водный экстракт горчичного порошка;
- 2,2 %-й водный экстракт горчичного порошка;
- 5,2 %-й водный экстракт горчичного порошка.

Для уточнения результатов предыдущего эксперимента по установлению эффективного метода дезинфекции был повторно проведен опыт по определению эффективности дезинфекции внутренних поверхностей емкостей в озонированной воздушной среде. Сравнение производилось с контрольным образцом, который не подвергался какой-либо обработки дезинфектантами.

Задачей эксперимента было заражение металлических пластин со стороны 50 мм указанными бактериями с последующей их обработкой дезинфицирующим моющим средством. Для заражения пластин бактериями осуществлялась предварительное выращивание микрофлоры на питательной среде (МПА – мясопептонный агар) с последующим ее добавлением в молоко с содержанием жира 3,4 – 4,5 % в соответствии с ТУ 9222-242-00419785-04, рисунок 4.10. Материал пластины – нержавеющая сталь марки AISI 316.



Рисунок 4.10 – Загрязняющая среда

Данным молоком производилась обработка пластины, после которой удалялись излишки молока самотеком в течение 15 мин. Затем пластина

помещалась в бидон с моющим раствором заданной рецептуры. Пластина подвергалась 15-ти мин. дезинфекции моющим раствором методом распыления ультра малого объема. Распыление производилось ультразвуковым способом без нагрева. Температура раствора равнялась температуре окружающей среды, 23 °С.

После дезинфекции с пластины брался смыв ватно-марлевой стороной стерильного стержня и помещался в пробирку с питательной средой. Пробирки были стерилизованы в Испытательном лабораторном центре ФБУ здравоохранения «Центр гигиены и эпидемиологии в Тамбовской области» Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека (Лаборатория ЦГиЭ), рисунок 4.11. По окончании эксперимента все образцы смывов были доставлены в Лабораторию ЦГиЭ г. Тамбова для последующего анализа по методу МУК 4.2.2942-11.

Результаты эксперимента представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Результаты

Дезинфицирующее моющее средство	Контрольный	Озон	Озонированная вода	Азотистая кислота	Ортофосфорная кислота	Щелочь	Раствор Русаковой	2,1 % экстракт горчицы	2,2 % экстракт горчицы	5,2 % экстракт горчицы
БГКП, КОЕ/см ³	386	276	0	0	0	0	0	4	0	0
Стафилококки, КОЕ/см ³	134	74	0	0	0	0	0	0	0	0

Озонированная вода готовилась непосредственно перед ее использованием путем барбатирувания питьевой воды (по СанПиН 2.1.4.1074-01) озоном. Это обусловлено потерей дезинфицирующих свойств в течении

времени по причине разложения озона в воде и нормализации кислотности. Барбатирование осуществлялось в течение 5 мин.



Рисунок 4.11 – Лабораторное оборудование для смывов

Водные растворы кислот, щелочи и по рецепту Г.Г. Русаковой изготавливались смешиванием моющих средств с водой в рекомендуемых изготовителями пропорциях и по пат. 2127753 РФ Моющее средство (10 %-й водный раствор), рисунок 4.12. Представленные моющие средства на основе кислот и щелочи предназначены для промывки и дезинфекции доильного оборудования и холодильного молочного оборудования из пищевой нержавеющей стали ручным и циркуляционными способами. Кислотность 1 %-го раствора кислотных моющих средств составляет 1,5-2,5 рН, 1 %-го раствора щелочного моющего средства – 12-13 рН, также в нем содержится до 5 % активного хлора.



Рисунок 4.12 – Моющий дезинфицирующий раствор на основе горчичного порошка

Рецептура моющего средства Г.Г. Русаковой: механическая смесь кальцинированной соды 20-25 % и горчичного порошка 75-80 %, рисунок 4.13. Компоненты моющего средства: кальцинированная сода согласно ГОСТ 5100-85 и горчичный порошок ТУ 10.84.12-023-44418433-2019, с удаленным токсичным веществом синиргин (горчично-масляный гликозид). Диаметр частиц горчичного порошка при просеивании через набор сит показал значения в пределах 1,6 – 2,0 мм.



Рисунок 4.13 – Моющее средство по патенту 2127753 РФ

Водные экстракты горчицы приготавливались путем вакуумного экстрагирования на установке (патент 2738938 РФ Универсальная вакуумная экстрактно-выпарная установка). Экстрагирование горчичного порошка осуществлялось в гидромодулях 1:12,5; 1:25; 1:50 при вакууме 0,6 кПа и температуре 56 °С в течение 40 мин. В результате получились водные экстракты горчицы с содержанием сухих растворенных веществ 2,1 %, 2,2 % и 5,2 % (по рефрактометру 1,334; 1,335 и 1,3425). Данные экстракты применялись как готовые моющие средства.

Применение озонирования окружающей воздушной среды осуществлялось аналогично предыдущему эксперименту по определению перспективных методов дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока. Все процессы дезинфекции осуществлялись с использованием установки по патенту 2728147 РФ Комбинированная моечная установка [123].

По приведенным результатам можно сделать следующие выводы:

- для дезинфекции внутренних поверхностей приведенными моющими растворами с использованием распыления ультра малого объема дает приблизительно равный результат, отвечающих стандартам (исключение может составлять только 2,1 %-й водный экстракт горчицы);
- содержащиеся элементы в горчичном порошке (в основном, аллилизотиоцианат) позволяют выбрать его в качестве дезинфицирующего средства;
- применение метода распыления ультра малого объема водного экстракта горчицы и озонированной воды позволяет отказаться от химических веществ в дезинфицирующем средстве, что позволяет повысить экологическую безопасность средства;
- применение озонированной воздушной среды с заданной концентрацией озона не позволяет стерилизовать поверхности, в отличие от озонированной воды.

Отказ от химических компонентов в моющих и дезинфицирующих растворах позволят повысить экологическую безопасность отработанных растворов и снизить стоимость их дальнейшей утилизации при том же эффекте. Кроме того, в некоторых случаях снизится также стоимость самого моющего и дезинфицирующего средства.

Однако стоит отметить, что необходимо произвести дополнительные исследования по влиянию компонентов горчицы и озонированной воды на органолептические свойства молока. Особенно это относится к цвету и вкусу.

Общая степень чистоты проводилась при испытаниях комбинированной моечной установки путем определения удельной электропроводности смывов с внутренней поверхности емкости. Смывы проводились путем взятия мазков с поверхности площадью 25 см² при обработке УМО в течение 6 минут с шагом в минуту. Мазки осуществлялись стерильными ватными стержнями, после чего взятая проба помещалась в дистиллированную воду (1 см³). Растворенные молочные жиры и белки изменяли начальную

электропроводность дистиллированной воды, начальные свойства которой: рН 5,4-6,2, удельная электропроводность $\sigma = 0,005 \cdot 10^{-4}$ мСм/м. В качестве загрязнителя применялось молоко жирностью 4,8 % с удельной электропроводностью $\sigma = 0,4 \cdot 10^{-4}$ мСм/м. Испытания проводились при температуре окружающей среды 20°C. Результаты испытаний представлены на графике, рисунок 4.14.

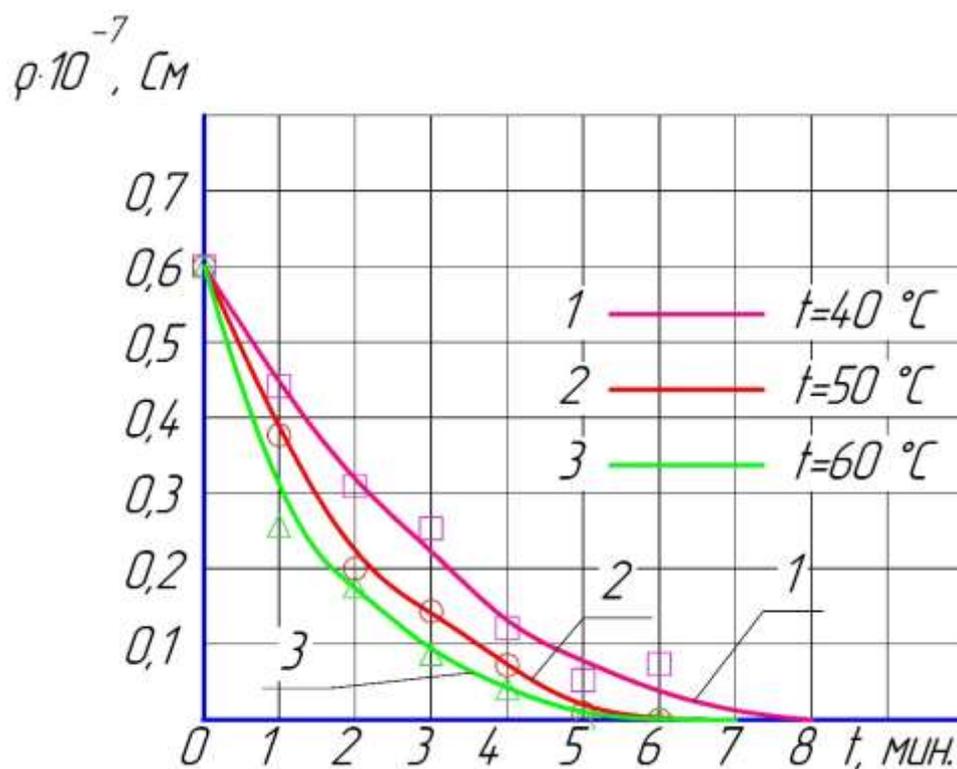


Рисунок 4.14 – График зависимости удельной электропроводности от времени процесса мойки $\rho(t)$

4.4. Выводы по главе

1. Проведены экспериментальные исследования влияния шероховатости на степень отмыывания поверхности, материала на коэффициент смачивания реагента, на биологическую активность и локальную коррозию. Определено, что поверхность с шероховатостью менее 0,1 мкм подвержена загрязнению в наименьшей степени, что также способствует снижению времени на ее отмыывание. Полимерные материалы подвержены меньшему загрязнению при

одинаковой шероховатости по сравнению с нержавеющей и конструкционной сталью, что достигается за счет меньшей смачиваемости полимеров жидкостями, преимущественно состоящие из воды (например, молоко).

2. Испытаны методы и режимы мойки и дезинфекции поверхностей ультрамалым объемом реагента. Оптимальными режимами для дезинфекции методом УМО являются температура среды 65 ° С при экспозиции 5 мин. Проведен анализ рецептур моющих и дезинфицирующих средств. Применение экстрактов горчицы с показателем сухих растворенных веществ 2,2 % и более позволяет снизить остаточное количество бактериологического загрязнения до 0.

3. Проведен анализ качества мойки поверхностей от жировых и белковых загрязнений методом распыления ультрамалого объема реагента. Экспериментально получена зависимость удельной электропроводности смыва от времени воздействия и температуры реагента. Так увеличение температуры с 40 до 60 °С и времени воздействия до 7 мин. снижает электропроводность смыва до 0, что объясняется полной чистотой поверхности.

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МОЙКИ И ДЕЗИНФЕКЦИИ ПОВЕРХНОСТЕЙ МЕТОДОМ РАСПЫЛЕНИЯ УЛЬТРАМАЛОГО ОБЪЕМА РЕАГЕНТА

5.1. Критерий чистоты как основа материального баланса в мойке и дезинфекции поверхностей

Критерий чистоты – качественный показатель состояния поверхности без воздействия на нее загрязнителем.

Загрязняемость – физико-химическое взаимодействие жидкости и/или твердого тела с поверхностью.

Площадь поверхности представляет собой сумму площади, не вступавшей во взаимодействие с загрязнителем (чистая поверхность), и загрязнённой площади:

$$F_s = F_c + F_d, \quad (73)$$

где F_s – площадь поверхности, м²;

F_c – площадь чистой поверхности, м²;

F_d – площадь загрязненной поверхности, м².

Таким образом, справедливо соотношение:

$$\frac{F_c}{F_s} + \frac{F_d}{F_s} = 1 \quad (74)$$

Сделаем замены:

$$C = \frac{F_c}{F_s},$$

$$D = \frac{F_d}{F_s},$$

Тогда формула (72) после подстановки и выражения C примет вид:

$$C = 1 - D \quad (75)$$

где C – удельная чистота поверхности, м²/м²;

D – удельная загрязненность поверхности, м²/м².

Удельная чистота поверхности есть отношение площади чистой поверхности ко всей площади поверхности. Аналогично, удельная загрязненность поверхности есть отношение площади загрязненной поверхности ко всей площади поверхности. Оба этих показателя меньше единицы и в своей сумме должны давать единицу. Таким образом, данные показатели являются качественными и могут быть выражены как процентное соотношение.

Удельная чистота зависит от площади не проконтактировавшей с загрязнителем поверхности, которую довольно сложно определить. Более простым методом будет являться ее выражение через удельную загрязненность, зависящую от загрязненной площади поверхности, которая в свою очередь состоит из вполне определяемых параметров.

Загрязненная площадь состоит из площади, контактирующей с определенными видами загрязнителя: биологического, химического и механического. Сумма площадей данных видов загрязнителей составляет площадь загрязненной поверхности.

$$F_d = F_b + F_{ch} + F_m, \quad (76)$$

где F_b – площадь биологической загрязненности, м²;

F_{ch} – площадь химической загрязненности, м². Площадь поверхности, вступившей в химическую реакцию, причем в данном случае не важно в какую именно (например, реакцию окисления – процесс коррозии);

F_m – площадь механической загрязненности, м². Процесс физико-химического, либо только физического взаимодействия загрязнителя с поверхностью (например, адгезия).

Площадь химической загрязненности зависит от химической активности загрязнителя и материала поверхности. В степени активности важное значение имеют условия окружающей среды (температура, давление и др.), молекулярные связи в материале поверхности (например, связи в

кристаллической решетке) и химические свойства загрязнителя (в основном - окислительные).

Площадь биологической загрязненности зависит от обсемененности поверхности и среднего размера бактерий. В свою очередь обсемененность зависит от площади механической загрязненности жидким загрязнителем, который является для бактерий питательной средой.

Площадь механической загрязненности зависит в первую очередь от адгезионных свойств поверхности и загрязнителя, в большей степени смачиваемости поверхности жидким загрязнителем, в меньшей – прилипание твердых частиц к поверхности. В результате, механическую загрязненность можно разделить на две составные части: жидким загрязнителем и твердым загрязнителем. В связи с чем, площадь механической загрязненности может быть представлена в следующем виде:

$$F_m = F_{ml} + F_{mh}, \quad (77)$$

где F_{ml} – площадь механической загрязненности жидким загрязнителем, m^2 ;

F_{mh} – площадь механической загрязненности твердым загрязнителем, m^2 .

Таким образом, за базовое уравнение критерия чистоты можно принять следующее:

$$C = 1 - \frac{F_b + F_{ch} + F_{ml} + F_{mh}}{F_s} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^4 F_i}{F_s} \quad (78)$$

Работа адгезии (количественная характеристика адгезии), уравнение Дюпре:

$$W_a = \sigma_{тг} + \sigma_{жг} + \sigma_{тж} \quad (79)$$

где $\sigma_{тг}$ – поверхностное натяжение раздела фаз твердое тело – жидкость, кДж/ m^2 ;

$\sigma_{жг}$ – поверхностное натяжение раздела фаз жидкость – газ, кДж/ m^2 ;

$\sigma_{тж}$ – поверхностное натяжение раздела фаз твердое тело – жидкость, кДж/м².

Краевой угол смачивания, уравнение Юнга:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{тг} - \sigma_{тж}}{\sigma_{жг}} \quad (80)$$

Уравнение Дюпре – Юнга:

$$W_a = \sigma_{жг} (1 + \cos \theta) \quad (81)$$

Площадь загрязнения определяется соотношением суммы работы, совершаемой загрязнителем в отношении поверхности, теплоты, передающейся между загрязнителем и ею, а также внутренней энергии загрязнителя, при ее преобразовании, к работе адгезии:

$$F_i = \frac{P_i + Q_i + E_i}{W_{ai}} = \left[\frac{Дж + Дж + Дж}{\frac{Дж}{м^2}} \right] = [м^2] = \frac{P_i + Q_i + E_i}{\sigma_{жгi} \cdot (1 + \cos \theta_i)}, \quad (82)$$

где P_i – работа загрязнителя, Дж. Под работой подразумевается физическое воздействие молекул загрязнителя на молекулы поверхности. Это особенно явно должно проявляться в проточных системах, например, в трубопроводах, а также может происходить при перемещении в закрытой емкости, например, при движении автоцистерны под действием инерционных сил;

Q_i – количество теплоты, Дж. Теплота, поглощаемая или выделяемая загрязнителем при взаимодействии с поверхностью. Изменение теплоты происходит при взаимодействии загрязнителя с поверхностью в результате разности первоначальных температур. После достижения температурного равновесия между загрязнителем и поверхностью, изменение теплоты прекращается, следовательно, должно установиться адгезионное равновесие. Температурное равновесие должно наступить и при обновлении загрязнителя, как, например, в трубопроводе, так и в закрытой емкости спустя некоторое время. В первом случае, поверхность приобретает температуру загрязнителя,

во втором – новую температуру приобретают и загрязнитель, и поверхность, один в результате нагрева, другой – охлаждения, или наоборот;

E_i – энергия загрязнителя (точнее – изменение энергии при ее превращении, например, из кинетической в потенциальную или внутреннюю), Дж. Для загрязнителя могут приняты кинетическая, потенциальная, гравитационная, внутренняя энергии, химический потенциал, а также энергия вакуума.

Таким образом, критерий чистоты можно переписать в следующем виде:

$$C = 1 - \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{P_i + Q_i + E_i}{\sigma_{жсгi} \cdot (1 + \cos \theta_i)}}{F_s} \quad (83)$$

Количество теплоты:

$$Q = cm\Delta T \quad (84)$$

где c – удельная теплоемкость, Дж/кг К;

m – масса тела, кг;

ΔT – изменение температуры, К.

5.2. Производственная установка для мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, транспортирования и хранения молока

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований была спроектирована полупромышленная конструкция комплексной моечной установки, позволяющая осуществлять с минимальными ресурсозатратами и энергозатратами процессы мойки и дезинфекции емкостей сбора, хранения и транспортирования молока, производимого в условиях малых фермерских хозяйств.

Основными элементами конструкции КМУ являются: корпус, разделенный на две секции, с крышками; узел автоматизированного и ручного управления процессами; система форсунок для внешней мойки емкостей, система креплений емкостей с подвижными (вращающимися) элементами;

система слива; насос; электродвигатель; нагреватель; вращающаяся моющая головка и система УМО на подвижной штанге.

Корпус изделия представляет собой сварной (либо с резьбовыми соединениями) каркас из нержавеющей стали обшитый полимерными материалами (например, из материала Полиамид 6 или иного достаточно жесткого, механически прочного, ударопрочного материала). Корпус разделен на две изолированные друг от друга секции для одновременной независимой мойки двух емкостей. Снизу корпуса закреплены вращающиеся вокруг своей оси четыре колеса с целью придания установке мобильности. Сверху установлены крышки, открывающиеся совместно с частью передней стенки для удобства загрузки и выгрузки крупногабаритных емкостей.

Система форсунок закреплена на вертикальной рейке, через которую подается жидкость к форсункам. Подвижный диск, на котором устанавливается емкость, осуществляет вращение емкости вокруг своей оси, позволяя форсункам осуществлять обработку поверхности по всему периметру. Количество работающих форсунок изменяется в зависимости от высоты емкости через отсечные электроклапаны.

Система слива представляет собой сеть каналов и клапанов в днище корпуса, где происходит сбор отработанной жидкости. Данная жидкость удаляется насосом в отдельную емкость, оснащенную фильтрами и барбатирующе-озонирующим агрегатом.

Насос через систему автоматики выполняет функцию двойного назначения в зависимости от режима: нагнетает рабочую жидкость в форсунки, моечную головку и систему УМО; откачивает отработавшую жидкость. Изменение функциональных режимов происходит посредством изменения направления вращения электродвигателя через реле управления. Скорость вала электродвигателя также регулируется.

Нагревательные элементы выполнены в виде трубчатых электронагревателей (ТЭН) установленных в отдельном резервуаре для предварительного нагрева рабочей жидкости. Температура жидкости

регулируется в зависимости от режима мойки через ПИД-регулятор, чувствительным элементом которого является термopapa.

Вращающаяся моечная головка выполнена подвижной на полой телескопической штанге. Параллельно ей установлена вторая аналогичная штанга с системой распыления ультрамалого объема рабочей жидкости. Система УМО основана на ультразвуковых генераторах, количество работающих из которых зависит от объема емкости.

Основными материалами узлов и агрегатов являются нержавеющая сталь марки AISI 304, полимерные (капролон, фторопласт или аналоги) или композитные материалы (карбонoпластик), резина (в уплотнителях), керамика (малое количество в ультразвуковых генераторах).

Разработанный образец КМУ достаточно унифицирован, предельно компактен, функционален и универсален. Установка позволяет осуществлять процессы мойки и дезинфекции емкостей для сбора, хранения и транспортирования в общей схеме производства молока [123, 124]. Установка предназначена для использования в небольших крестьянско-фермерских хозяйствах и других малых предприятий.

В ходе испытаний установки были выявлены основные временные параметры, определяющие производительность. Так была выявлена зависимость времени оседания реагента от температурного градиента между раствором и поверхностью, а также диаметра капель частиц, рисунок 5.1.

Данная зависимость определяет скорость смачивания, что позволяет определять время этапов 1 и 4 разработанной технологии мойки и дезинфекции.

5.3. Технологическая линия

При проектировании технологической линии ставилась задача по снижению экологической нагрузки на окружающую среду при утилизации отработанной жидкости. КМУ занимает место в общей производственной

цепочке на завершающем этапе сбора молока при доении, после этапа хранения молока и после его транспортирования при перевозке от фермерского хозяйства до молочного предприятия.

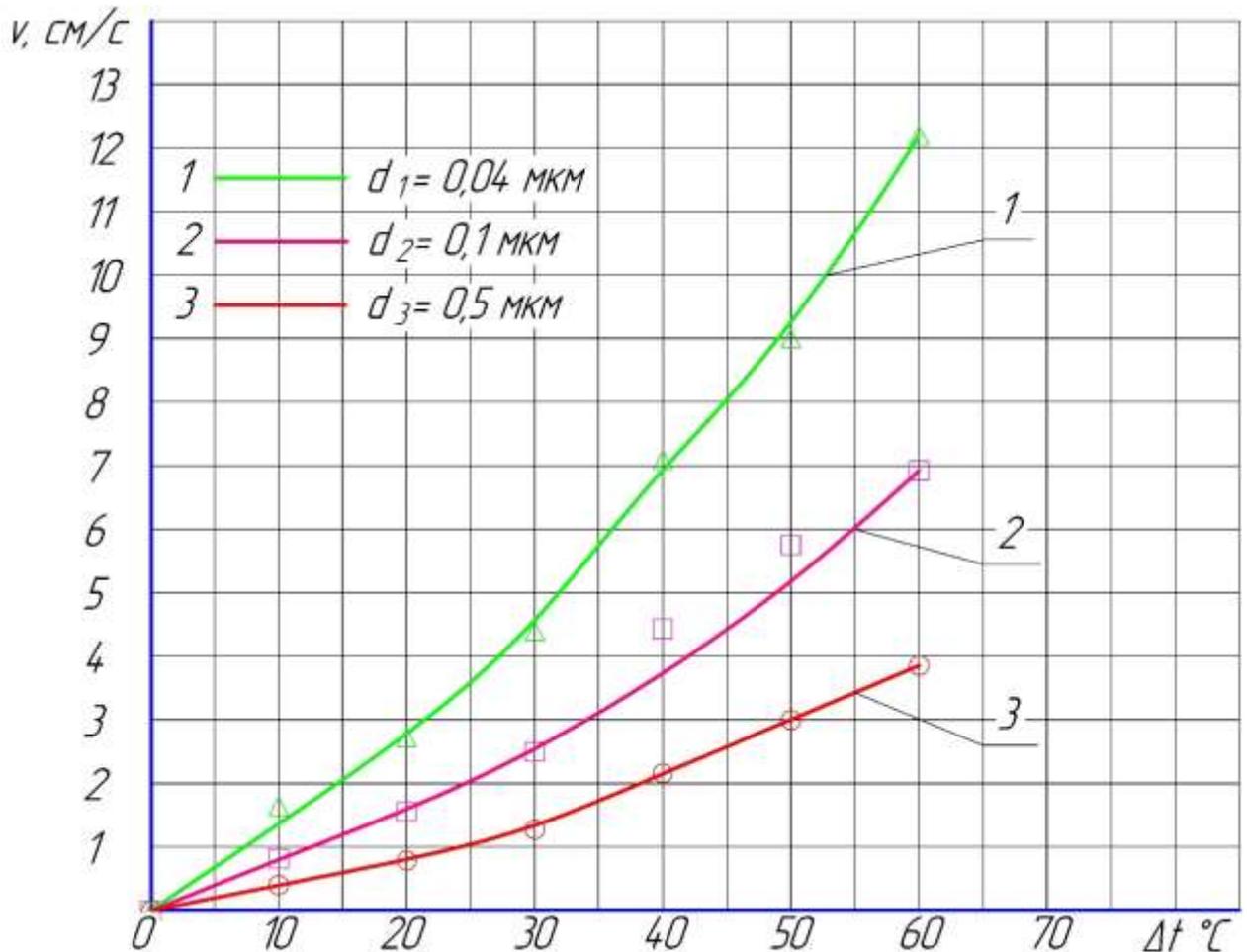


Рисунок 5.1 – Скорость оседания частиц реагента в зависимости от диаметра и температурного градиента

Таким образом, КМУ задействована в трех позициях производственной цепочки. Также КМУ может быть задействована на предварительном этапе подготовки емкости для сбора молока. Однако некоторые этапы можно совместить, например, одна емкость может использоваться и для сбора, временного (недлительного) хранения и транспортирования молока. В этом случае две позиции КМУ возможно исключить.

Технологическая схема процессов мойки и дезинфекции с использованием КМУ включает в себя этапы: загрузка емкости; мойка внешних поверхностей; предварительная обработка внутренних поверхностей

в режиме УМО; основная мойка внутренних поверхностей емкости; полоскание; дезинфекция в режиме УМО; откачка отработанной жидкости; выгрузка емкости; тестирование результатов мойки и дезинфекции; фильтрование и обеззараживание отработанной жидкости; ее утилизация.

Этапы мойки внешних поверхностей, предварительной обработки и мойка внутренних поверхностей подразумевает использование моющих средств. Как правило, это химические поверхностно активные вещества. Кроме ПАВ в отработанной воде могут находиться взвешенные твердые частицы, общее количество растворенных веществ, жиры и белки молока. Для удаления данных элементов необходимо осуществить ряд процессов: фильтрация, первичное отстаивание, коагуляция (флокуляция), окисление (озонирование) [125 – 129].

Первичная очистка воды в КМУ осуществляется угольными фильтрами. Затем производят ультрафильтрацию с применением мембран, размер ячейки которых составляет до 0,05 мкм. После чего производят обратный осмос отфильтрованной воды. Допустимо проведение нанофильтрации как промежуточной процедуры между ультрафильтрацией и обратным осмосом.

Вторичная очистка воды в КМУ осуществляется процедурами окисления, биологической очистки и стерилизации ультрафиолетом. В качестве окисления применяется барбатирующий озонатор. В процессе озонирования воды повышается ее кислотность, что способствует нейтрализации вредных веществ и химических элементов. Озонирование отработанной воды является первым этапом ее обеззараживания. Биологическая очистка предназначена для удаления растворенных элементов молока, которые являются питательной средой для микроорганизмов. В качестве микроорганизмов используются анаэробные и аэробные бактерии, способные разлагать ПАВы. Завершающим этапом является окончательное обеззараживание воды с использованием ультрафиолетового излучения.

В результате очистки отработанная жидкость КМУ может быть сброшена в общую систему канализации или быть использована повторно. В

случае использования воды повторно допустимо пропустить этапы биологической очистки и применения ультрафиолетового излучения, так как этап озонирования достаточен для удаления микрофлоры, а наличие ПАВ в отработанной жидкости сэкономит применение новых.

Твердые механические загрязнения, жир и белок молока, оставшиеся в фильтрах, подлежат вывозу и последующей утилизации на специальных полигонах [128, 129].

В ходе диссертационного исследования экспериментально было выявлено, что применение в качестве моющих средств смеси порошков из растительного материала и ПАВ дают идентичный эффект как при использовании одних ПАВ [129]. Также, при дезинфекции было определено, что в качестве дезинфицирующего реагента возможно применение экстрактов растительного происхождения с заданной концентрацией сухих растворенных веществ. Применение данных рассмотренных растворов и экстрактов позволит снизить экологическую нагрузку при утилизации отработанной жидкости КМУ.

5.4. Экономическая эффективность результатов исследования

Для определения экономического эффекта разработанной технологии мойки и дезинфекции внутренних поверхностей молочного оборудования, применяемого при сборе, транспортировании и хранении молока в условиях малых фермерских хозяйств, был произведен экономический анализ себестоимости процессов, осуществляемых разработанной производственной установкой и установками-аналогами. Анализ произведен в соответствии с ГОСТ Р 53056-2008 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки» [130], по которому происходило сравнение нового образца техники с существующими аналогами [131, 132].

В качестве нового образца техники был принят промышленный образец комплексной моечной установки (КМУ). В качестве аналогов

рассматривались промышленные образцы компании SANEQ Industrial (циклическая моечная машина T-1500 Barrel Washer, рисунок 5.2) и компании FELETI (моечная машина Lurea KEF/KSF, рисунок 5.3). Все образцы предназначены для мойки и дезинфекции (кроме T-1500 Barrel Washer) внутренних поверхностей бидонов, бочек и фляг для молока. Образцы обладают техническими характеристиками, представленными в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Основные технические характеристики образцов

Параметр	T-1500 Barrel Washer	Lurea KEF/KSF	КМУ
Габаритные размеры (В x Ш x Г), мм	1740 x 2400 x 1600	1800 x 1200 x 1800	1000 x 500 x 1050
Время мойки	Задается	Задается	Задается
Время ополаскивания	30 с	Задается	Задается
Внутренняя мойка	Ротационная распылительная головка	Ротационная распылительная головка	Ротационная распылительная головка
Наружная мойка	Форсунки типа Clip-On/V-Jet	Форсунки	Форсунки
Объем емкости, л	200	250	300
Мощность моечной помпы, кВт	11-37	5,5	3
Электропотребление, кВт	30	30	26
Расход воды, л/мин.	16	30	6
Тип дезинфекции	Отсутствует	Струйная	Дисперсная система
Система предобработки	Отсутствует	Отсутствует	Дисперсная система
Стоимость установки, руб.	174301	146520	102000

Модель T-1500 Barrel Washer дополнительно комплектуется системой вытяжки испарений, дозатором реагентов, паровым нагревателем. Модель Lurea KEF/KSF – системами дезинфекции внутренних поверхностей емкости после ополаскивания, активной вытяжки, дополнительным трубчатым

электронагревателем (дополнительное электропотребление 12 кВт·ч), ротационным фильтром.



Рисунок 5.2 – Модель T-1500 Barrel Washer

Примем, что процессы мойки и дезинфекции на КМУ осуществляются в течение 247 рабочих дней в году, 8-ми часовой односменной пятидневной рабочей недели [133 – 137].

Продолжительность мойки и дезинфекции зависит от типа моющего реагента и дезинфектанта, их концентраций. Примем время цикла равное сумме времени необходимой на предварительную обработку, мойку, ополаскивание, дезинфекцию, и значение которой определим 5 мин. на одну емкость заданного объема до 200 л. Отсутствие этапа дезинфекции в цикле мойки подразумевает наличие вероятности сохранения обсемененности внутренней поверхности емкости патогенной микрофлорой. Аналогично для этапа предобработки, отсутствие которой повышает вероятность низкого качества мойки.



Рисунок 5.3 – Модель Lurea KEF/KSF

Приняв уровень доверительного интервала в 95 %, получим вероятность необходимости повторной мойки составляет 5 % при отсутствии одного из этапов. Таким образом, производительность моечных машин Π в год определяется:

$$\Pi_{\text{м}} = \frac{D \cdot T_p}{\sum_i^n t_i} \cdot (1 - k_{\text{д}} - k_{\text{но}}), \quad (85)$$

где D – количество рабочих дней в году, дн. (в соответствии с производственным календарем 2021 г., 247 дн.) [133];

T_p – время работы установки в течение дня, ч (8 ч);

i – этап мойки (предварительная обработка, мойка, ополаскивание, дезинфекция);

t_i – время этапа мойки за один цикл, ч (предварительная обработка – 0,001 ч, мойка – 0,08 ч, ополаскивание – 0,001 ч, дезинфекция – 0,001 ч);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент повторной мойки по дезинфекции (при наличии этапа дезинфекции – 0, при отсутствии – 0,05);

k_{no} – коэффициент повторной мойки по предварительной обработке (при наличии этапа предварительной обработки – 0, при отсутствии – 0,05).

Таким образом, производительность модели T-1500 Barrel Washer составит 21955 шт./год, модели Lurea KEF/KSF – 22892 шт./год, КМУ – 23807 шт./год (2409,6 л/ч). То есть на 3,8-7,8 % производительность КМУ выше аналогов.

Расчет энергозатрат по параметру электроэнергии осуществляется для случая работы трех рассматриваемых моечных машин в течение года, используя следующую формула:

$$Z_{эл.эн.} = (N_{yd}^I \cdot D_{\varepsilon}^I + N_{yd}^{II} \cdot D_{\varepsilon}^{II}) \cdot C_{эл.эн.} \cdot T_p, \quad (86)$$

где N_{yd}^I, N_{yd}^{II} – мощность насоса и нагревателя моечной машины, кВт;

$D_{\varepsilon}^I, D_{\varepsilon}^{II}$ – количество дней работы моечной машины без нагревателя и с нагревателем, дн.;

$C_{эл.эн.}$ – цена потребленной электроэнергии, руб./кВт·ч (тариф для малых предприятий и индивидуальных предпринимателей в Тамбовской области по состоянию на 01.01.2021 г. – 6,94637 руб./кВт·ч).

Две трети рабочих дней в году (165 дн.) представленные образцы постоянно работают в режиме без нагрева и треть (82 дн.) – с нагревом (температура жидкости составляет 40-60°C).

Затраты на электроэнергию в режиме УМО определяются по формуле:

$$Z_{эл.эн.}^{УМО} = t_{УМО} \cdot (N_{yd}^{II} \cdot D_{\varepsilon}^{II} + N_{yd}^{III} \cdot D_{\varepsilon}^{\varepsilon}) \cdot C_{эл.эн.} \cdot T_p, \quad (87)$$

где N_{yd}^{III} - мощность ультразвукового генератора, кВт;

$t_{УМО}$ - время генерации УМО моющего и дезинфицирующего раствора, ч.

Работа в режиме УМО осуществляется на этапах предварительной обработки и дезинфекции.

Затраты электроэнергии при работе насоса моечной машины в режиме откачки отработанной жидкости определяются по формуле:

$$Z_{\text{эл.эн.}}^{\text{отк}} = t_{\text{отк}} \cdot N_{\text{уд}}^I \cdot D_{\text{э}} \cdot C_{\text{эл.эн.}} \cdot T_p, \quad (88)$$

где $t_{\text{отк}}$ – общее время, затрачиваемое на откачку, ч.

Затраты на расход моющей жидкости (берется по воде) определяются по формуле [138, 139]:

$$Z_{\text{воды}} = H_{\text{расх}}^{\text{вод}} \cdot (C_{\text{вод}}^{\text{номр}} + C_{\text{вод}}^{\text{отв}}) \cdot D_{\text{э}} \cdot T_p, \quad (89)$$

где $H_{\text{расх}}^{\text{вод}}$ – норма расхода моющей жидкости (воды), м³/ч;

$C_{\text{вод}}^{\text{номр}}$ – цена потребленной питьевой воды, руб./м³ (тариф на услуги холодного водоснабжения в г. Тамбове по состоянию на 01.01.2021 г. – 23,34 руб./м³);

$C_{\text{вод}}^{\text{отв}}$ – цена водоотведения, руб./м³ (тариф на услуги холодного водоснабжения в г. Тамбове по состоянию на 01.01.2021 г. – 21,74 руб./м³) [130, 133].

Затраты на расход моющего и дезинфицирующего реагентов определяется по формуле [130, 139, 140]:

$$Z_p = (H_{\text{расх}}^m \cdot C_m + H_{\text{расх}}^d \cdot C_d) \cdot D_{\text{э}} \cdot T_p, \quad (90)$$

где $H_{\text{расх}}^m$, $H_{\text{расх}}^d$ – норма расхода моющего и дезинфицирующего реагента, л/ч (кг/ч);

C_m , C_d – цена моющего и дезинфицирующего реагента, руб./л (руб./кг).

Принято среднее значение цены в розницу для моющего средства 48,7 руб./кг и для дезинфицирующего реагента 59,2 руб./л.

Общая структура энергозатрат приведена в таблице 5.2. За счет наличия систем предварительной обработки и дезинфекции энергозатраты на электроэнергию снизятся на 25,2% и 37,8%, на водные ресурсы, моющие и дезинфицирующие реагенты на 62,5% и 80% ниже, чем у моечных машин модели T-1500 Barrel Washer и модели Модель Lurea KEF/KSF соответственно, что согласуется с общими целями развития сельского хозяйства [141 – 143].

Экономический эффект от внедрения КМУ в год определяется формулой:

$$\mathcal{E}_2 = \sum \mathcal{Z}_6 - \sum \mathcal{Z}_н, \quad (91)$$

где $\sum \mathcal{Z}_6$ – сумма энергозатрат работы аналога, руб.;

$\sum \mathcal{Z}_н$ – сумма энергозатрат работы КМУ, руб.

Срок окупаемости капиталовложений при внедрении КМУ в процесс производства молока фермерским хозяйством рассчитывается по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{вл}}{\mathcal{E}_2}, \quad (92)$$

где $K_{вл}$ – сумма капитальных вложений на приобретение и ввод в эксплуатацию КМУ, руб.

Таблица 5.2 – Структура энергозатрат

Наименование показателя	Стоимость, руб.		
	T-1500 Barrel Washer	Lurea KEF/KSF	КМУ
Затраты электроэнергии работы моечных машин, $\mathcal{Z}_{эл.эн.}$	393442,4	393442,4	338538,3
Затраты на электроэнергию в режиме УМО, $\mathcal{Z}_{эл.эн.}^{УМО}$	0	0	45,7
Затраты электроэнергии в режиме откачки отработанной жидкости, $\mathcal{Z}_{эл.эн.}^{отк}$	3074,6	3074,6	2635,4
Затраты на расход моющей жидкости, $\mathcal{Z}_{воды}$	85515,0	160340,5	32068,1
Затраты на расход реагентов, \mathcal{Z}_p	34113,7	63963,1	12792,6
ИТОГО	516145,7	620820,6	386080,1

В результате, годовой экономический эффект от внедрения КМУ составит 130065,6-234740,5 руб., а срок окупаемости капитальных вложений – 0,4-0,8 года (5-10 месяцев).

Данные показатели позволяют сделать вывод об экономической целесообразности использования в малых фермерских хозяйствах по

производству молока разработанной комплексной моечной установки емкостей сбора, хранения и транспортирования молока.

Разработанная технологическая схема комбинированной моечной установки имеет производительность 2409,6 л/ч (23807 шт./год, емкостей объемом до 300 л), позволяющая снизить ресурсозатраты в общем на 62,5-80% и энергозатраты на 25,2-37,8%.

Расход воды установки в сравнении с аналогами представлен на рисунке 5.4 по общему времени предлагаемой технологии мойки и дезинфекции.

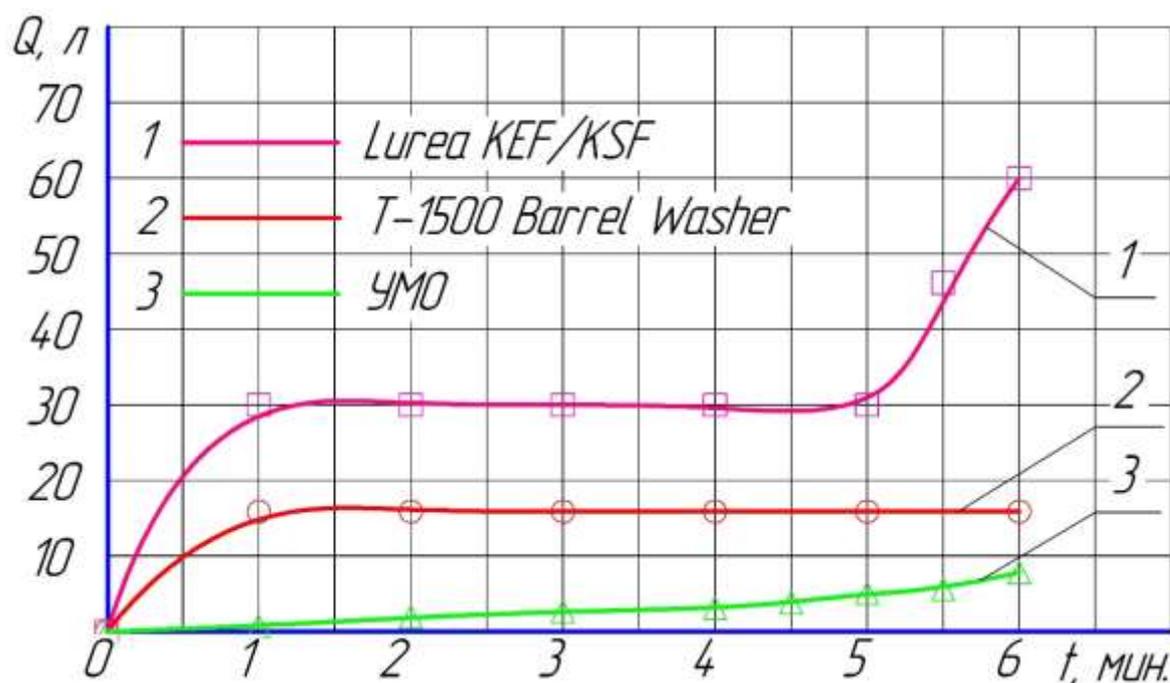


Рисунок 5.4 – Расход воды установки и моечных машин

Экономическая эффективность использования установки (130065,6-234740,5 руб.) и срок окупаемости капиталовложений на его приобретение и ввод в эксплуатацию 0,4-0,8 года (5-10 месяцев).

5.5. Выводы по главе

1. Предложен качественный показатель степени чистоты внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока – критерий чистоты.

2. Определены экономическая эффективность использования комплексной моечной установки емкостей сбора, хранения и транспортирования молока (130065,6-234740,5 руб.) и срок окупаемости капиталовложений на ее приобретение и ввод в эксплуатацию 0,4-0,8 года (5-10 месяцев).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ теоретических исследований процессов мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока показал, что применение технологий ультрамалого объема обработки и озонирования позволяют снизить ресурсо- и энергозатраты.

2. Результаты теоретических исследований и экспериментов обосновывают экономию ресурсов и электроэнергии при использовании метода ультрамалого объема распыления частиц диаметром 0,04-0,05 мкм в процессе мойки поверхности с шероховатостью 0,15-0,8 мкм: воды на 22 л/мин., моющего и дезинфицирующего средства на 18,4 г/мин., электроэнергия на 1,12 кВт·ч. Установлено, что при среднем диаметре капли 0,04-0,05 мкм и температуре 60°C происходит стерилизация внутреннего объема емкости до 20 л при экспозиции 6 мин., используя в качестве дезинфектанта озонированную воду, с концентрацией озона 10-16 мг/м³..

3. Разработанная методика расчета процесса мойки ультрамалым объемом моющего раствора и озонирования позволяет определить конструктивные параметры комбинированной моечной установки, параметры и режимы процесса мойки и дезинфекции (частота ультразвука 0,14 – 2,5 МГц, время предобработки 4 – 6 мин. и экспозиции 0,5 – 12 мин.).

4. Исследованы физико-химические свойства частиц тумана моющих и дезинфицирующих растворов. Установлено, что распыление озонированной воды в виде тумана обладает более высокой эффективностью дезинфекции по сравнению с вакуумом на 85%, горячей водой (60°C) на 28%, озоном (концентрация 0,3-0,5 мг/м³) на 72%.

5. Разработаны конструктивно-технологические схемы экспериментальной и производственной комбинированной моечной установки для осуществления мойки и дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молока. Диапазон частот ультразвукового генератора составляет 20 кГц-1 МГц, средний диаметр капель

тумана 0,05-0,1 мкм, концентрация озона для воздуха 1,5-4 мг/м³, для озонированной воды – 10-16 мг/м³, время обработки ультрамалым объемом моющего раствора – 2,5-4 мин., время дезинфекции – 4-12 мин. Для емкостей объемом до 300 л потребляемая мощность составляет от 24 Вт до 300 Вт, расход воды 8 л/ч. Производительность промышленной установки 8 емкостей, объемом 300 л, в час, позволяет снизить ресурсозатраты в общем на 62,5-80% и энергозатраты на 25,2-37,8%. Срок окупаемости капиталовложений на ее производство и ввод в эксплуатацию 0,4-0,8 года (5-10 месяцев).

Рекомендации предприятиям. С целью снижения ресурсо- и энергозатрат моечных и дезинфицирующих установок при обработке поверхностей молочного оборудования рекомендуется применять комбинированную моечную установку (патент РФ на комбинированную моечную установку № 2728147).

Перспективы дальнейшей разработки темы. Тематикой дальнейших исследований будет являться электризация частиц моющих и дезинфицирующих растворов при ультрамалом распылении, оседание мелкодисперсной среды при течении через канал и в электрическом поле, оптимизация конструкции установки и автоматизация системы управления.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года. – М.: Министерство экономического развития РФ, 2013. – С. 354
2. Медузов, В.С. Производство детских молочных продуктов / В.С. Медузов, З.А. Бирюкова, Л.Н. Иванова. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1982. – 208 с.
3. Кормановский, Л.П. Направления развития системы машин для молочного скотоводства / Л.П. Кормановский, Ю.А. Цой, В.В. Кирсанов // Техника и технологии в животноводстве, 2020. – № 1 (37). – С. 14-23
4. ГОСТ Р 52054-2003 «Молоко натуральное коровье – сырье».
5. СанПиН 2.3.2.1078-01 «Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов».
6. Зимняков, В.М. Состояние производства молока в России / В.М. Зимняков, А.А. Курочкин // Техника и технологии в животноводстве. – М.: Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 2020. – № 2(38). – С. 100-106
7. Цой, Ю.А. Техничко-технологические аспекты увеличения производства молока и повышения его конкурентоспособности в России / Ю.А. Цой, Р.А. Баишева, А.И. Фокин // Аграрная наука ххi века. актуальные исследования и перспективы. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2019. – С. 373-370
8. Абрамзон, А.А. Поверхностно-активные вещества: Свойства и применение. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1981. – 304 с.
9. Ведищев, С.М. Механизация доения коров: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 110800 – «Агроинженерия» / С.М. Ведищев. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2013. – С. 160

10. Ушакова, В.Н. Мойка и дезинфекция. Пищевая промышленность, торговля, общественное питание. – СПб.: Профессия, 2009. – 288 с.
11. Ребиндер, П.А. Физико-химия моющего действия. Сборник научно-исследовательских работ сектора моющих средств ВНИИЖ / П.А. Ребиндер, Е.К. Венстрем, М.П. Воларович, А.М. Вязникова, Н.Н. Петрова, Н.Н. Серб-Сербина, Н.М. Смирнов, А.Б. Таубман и др. – Л.-М.: Пищепромиздат, 1935
12. Моор, В. Мойка и дезинфекция в молочном деле / В. Моор // Перевод с немецкого В.М. Славянова, Г.А. Титова, Ф.Г. Дегтярева, под ред. Г.А. Титова. – М.: Пищепромиздат, 1957. – С. 163
13. Кирюткин, Г.В. Мойка и дезинфекция технологического оборудования предприятий молочной промышленности / Г.В. Кирюткин, В.В. Молочников. М.: Изд-во «Пищевая промышленность», 1976. – С. 121
14. Кузина, Ж.И. Научное обоснование и промышленная реализация инновационных технологий санитарной обработки оборудования в молочной промышленности / диссертационное исследование на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.04, 2010. – С. 354
15. Кузина, Ж.И. Влияние кислородсодержащих веществ на степень удаления высокоадгезионных отложений с поверхности оборудования / Ж.И. Кузина, Б.В. Маневич // Молочная промышленность, 2021. – № 1. – С. 57-59
16. Керученко, Л.С. Силовые взаимодействия частиц загрязнений с поверхностью молокопровода / Л.С. Керученко, В.В. Троценко, А.Г. Кулаева, А.С. Союнов, И.В. Троценко // Вестник Омского ГАУ, 2019. – № 3 (35). – С. 94-101
17. Инструкция по санитарной обработке оборудования, инвентаря и тары на предприятиях молочной промышленности (утв. Госстандартом РФ 10.02.1998)
18. Галынкин, В.А. Промышленная дезинфекция и антисептика / В.А. Галынкин, Н.А. Заикина, В.И. Кочеровец, Т.С. Потехина, Л.В. Дульнева, А.Х. Еникеев, И.Ю. Макаров, А.В. Гарабаджиу. С-Пб, 2008. – С. 229

19. Кузина, Ж.И. Выбор компонентного состава дезинфектантов для санитарной обработки при производстве функциональных молочных продуктов пластичной консистенции / Ж.И. Кузина, Б.В. Маневич // Молочная промышленность, 2021. – № 3. – С. 57-59

20. Маневич, Б.В. Рациональные решения для санитарной обработки оборудования при производстве функциональных творожных и мягких сыров / Б.В. Маневич, Ж.И. Кузина, Т.В. Косьяненко // Сыроделие и маслоделие, 2021. – № 4. – С. 27-29

21. Алагезян, Р.Г. Моющие и дезинфицирующие средства в молочной промышленности / Р.Г. Алагезян. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – С. 168

22. Кузина, Ж.И. Специфика санитарной обработки оборудования при производстве поликомпонентных функциональных продуктов на молочной основе / Ж.И. Кузина, Б.В. Маневич, Е.А. Бурыкина // Молочная промышленность, 2020. – № 12. – С. 57-59

23. Кузина, Ж.И. Возможности интенсификации санитарной обработки при производстве функциональных продуктов на молочной основе / Ж.И. Кузина, Б.В. Маневич, Е.А. Бурыкина // Молочная промышленность, 2020. – № 6. – С. 60-62

24. Тамим, А. СІР-мойка на пищевых производствах / Перевод с англ. – СПб.: Профессионал, 2009. – С. 288

25. Мамедова, Р.А. Исследование режима течения жидкости при промывке молокопровода / Мамедова Р.А. // Аграрная наука Евро-Северо-Востока, 2021. – Т. 22. – № 2. – С. 278-286

26. Кузина, Ж.И. Специфика отложений на поверхности оборудования / Ж.И. Кузина, Б.В. Маневич, Т.В. Косьяненко, Е.Б. Харитоновна, Е.В. Орлова, Н.Н. Гаврилова // Сыроделие и маслоделие, 2020. – № 3. – С. 40-42

27. Кузина, Ж.И. Особенности мембранной технологии производства молочной продукции и обоснование подхода к очистке мембран / Ж.И. Кузина, Б.В. Маневич // Актуальные вопросы молочной промышленности,

межотраслевые технологии и системы управления качеством, 2020. – Т. 1. – № 1 (1). – С. 311-319

28. Молочников, В.В. Интенсификация процессов санитарной обработки оборудования / В.В. Молочников // Журнал Молочная промышленность, 1974. – № 3. – С. 26-28

29. Ибатуллина, Л.А. Совершенствование технологии санитарной обработки емкостного оборудования и трубопроводов на предприятиях молочной промышленности с применением жидких моюще-дезинфицирующих средств / диссертационное исследование на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.04. М. – 2008. – С. 109

30. Block S. Disinfection, sterilization, and preservation. 5th ed. / Block S. – Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, PA 19106 USA. – 2001. – P. 1481

31. ГОСТ 2874-82 Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством

32. Использование УФ бактерицидного излучения для обеззараживания воздуха и поверхностей в помещениях. Руководство МЗ РФ Р 3.1.683-98. – М., 1998. – С. 40

33. Санитарно-эпидемиологические требования к организации и осуществлению дезинфекционной деятельности. Санитарно-эпидемиологические правила СП 3.5.1378-03. – Введ. 2003-06-30. – М., 2003

34. Маневич, Б.В. Разработка и использование средств для гигиенической обработки рук на молочных предприятиях / Б.В. Маневич, Ж.И. Кузина // Актуальные вопросы молочной промышленности, межотраслевые технологии и системы управления качеством, 2020. – Т. 1. – № 1 (1). – С. 350-361

35. Donlan, R.M. Biofilms: survival mechanisms clinically relevant microorganisms / R.M. Donlan, J.W. Costerton // Clin. Microbiol. Rev. – 2002. Vol. 15 № 2. – 167-193 pp.

36. Маневич, Б.В. Борьба с биопленками на молочных предприятиях / Б.В. Маневич, Ж.И. Кузина, Е.Б. Харитоновна, Т.В. Орлова // Молочная промышленность, 2018. – № 12. – С. 62-64
37. Бахир, В.М. Электрохимическая активация / В.М. Бахир. – М.: ВНИИИ мед. техники, 1992. – С. 657
38. Маневич, Б.В. Интенсификация бактерицидных и моющих свойств дезинфицирующего средства на основе ЧАС / Б.В. Маневич, Ж.И. Кузина, Т.В. Косьяненко, Е.Б. Харитоновна, Т.В. Орлова // Молочная промышленность, 2018. – № 5. – С. 65-67
39. Маневич, Б.В. Галоидактивные дезинфицирующие средства / Б.В. Маневич, Ж.И. Кузина, Т.В. Косьяненко // Молочная промышленность, 2017. – № 4. – С. 61-63
40. Quirynen, M. The influence of surface roughness and surface-free energy on supra- and subgingival plaque formation in man / M. Quirynen, C.M. Bollen // J. Clin. Periodontol. – 1995. – Vol. 22.
41. Шестопалов, Н.В. Федеральные клинические рекомендации по выбору химических средств дезинфекции и стерилизации для использования в медицинских организациях / Н.В. Шестопалов, Л.Г. Пантелеева, Н.Ф. Соколова, И.М. Абрамова, С.П. Лукачев. – М., 2015. – С. 58
42. Еремеева, Н.И. Вопросы преодоления устойчивости микобактерий разных видов к дезинфицирующим средствам / Н.И. Еремеева, М.А. Кравченко, В.В. Канищев и др. // Дез. дело. – 2007. – №3. – С.35-39
43. Кузина, Ж.И. Загрязненность отработанных моющих растворов при многократном использовании / Ж.И. Кузина, Б.В. Маневич, Т.В. Косьяненко, А.В. Таламанов, Р.Н. Замалеев // Молочная промышленность, 2019. – № 11. – С. 54-55
44. Маневич, Б.В. Санитарная обработка: баланс безопасности и эффективности. обеззараживание воздуха в производственных помещениях / Б.В. Маневич, Ж.И. Кузина, Е.Б. Харитоновна, Т.В. Косьяненко // Молочная промышленность, 2019. – № 6. – С. 52-55

45. Галынкин, В.А. Дезинфекция и асептика в промышленности и медицине / В.А. Галынкин, Н.А. Заикина, Т.С. Потехина и др. – СПб.: Фолиант, 2004. – С. 95
46. Маневич, Б.В. Эффективная и безопасная дезинфекция - гарантия качества молочной продукции / Б.В. Маневич, Т.В. Косьяненко, Ж.И. Кузина // Контроль качества продукции, 2018. – № 5. – С. 58-61
47. Кузина, Ж.И. Дезинфекция. повышение эффективности средств на основе катионных биоцидов / Ж.И. Кузина, Б.В. Маневич, Т.В. Косьяненко // Молочная промышленность, 2017. – № 12. – С. 17-19
48. Красильников, А.П. Справочник по антисептике / А.П. Красильников. – Минск: Высш. школа, 1995. – С. 366
49. Маслюков, А.П. О механизме бактерицидного действия химических дезинфектантов / А.П. Маслюков, Ю.А. Рахманин // Журнал «Гигиена и санитария». – М.: Медицина, 1991. – Вып. 11. – С. 6-11
50. Кузина, Ж.И. Регламентирование дезинфицирующих средств и пути повышения эффективности хлорсодержащих препаратов / Ж.И. Кузина, Б.В. Маневич, Т.В. Косьяненко // Молочная промышленность, 2017. – № 8. – С. 52-54
51. Оценка токсичности и опасности дезинфицирующих средств. Методические указания МУ 1.2.1105-02. – Введ. 2002-02-10. – М., 2002. – С. 21
52. Тимофеев, Н.С. Асептика и антисептика / Н.С. Тимофеев, Н.Н. Тимофеев. – Л.: Медицина, 1989. – С. 238
53. Федорова, Л.С. Теория и практика совершенствования дезинфицирующих средств / Л.С. Федорова. – М.: ОАО «Издательство «Медицина», 2006. – С. 210
54. Единые санитарно-эпидемиологические требования к товарам, подлежащим санитарно-эпидемиологическому надзору (контролю). – 4-е изд., стереотип. – М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2011. – С. 707

55. Чубенко, Г.И. Избранные вопросы дезинфекции: Учебное пособие / Г.И. Чубенко. – Благовещенск: ГОУ ВПО АГМА, 2010. – С. 69
56. Шандала, М.Г. Актуальные вопросы общей дезинфектологии. Избранные лекции / М.Г. Шандала. – М.: Медицина, 2009. – С. 111
57. Шандала, М.Г. Использование ультрафиолетового бактерицидного излучения в борьбе с инфекционными заболеваниями / М.Г. Шандала, В.Г. Юзбашев, А.П. Вассерман // Гиг. и сан. –1999. – № 5. – С. 23-25
58. Рузин, С.С. Разработка модифицированного доильного стакана модуля санитарно-гидравлической обработки сосков вымени коровы / С.С. Рузин, В.В. Кирсанов, Д.Ю. Павкин, И.М. Довлатов // Техника и технологии в животноводстве, 2021. – № 2 (42). – С. 35-41
59. Григорьев, В.С. Разработка самодезинфицирующих покрытий для обеззараживания поверхностей объектов животноводства / Григорьев В.С. // Техника и оборудование для села, 2020. – № 8 (278). – С. 28-33
60. Цой, Ю.А. Испытания сосковой резины с бактериостатическими свойствами / Ю.А. Цой, В.В. Кирсанов, М.Н. Фильков / Сельский механизатор, 2016. – № 2. – С. 22-23
61. ГОСТ 9218-2015 Автомобильные транспортные средства для перевозки пищевых жидкостей. Технические требования и методы испытаний
62. Кучерова, М.А. Индекс адгезии микроорганизмов к полимерным базисным материалам как индикатор оценки антимикробных средств / М.А. Кучерова, А.Г. Трефилов // Стоматология. – 2008. – № 5. – 38-44 с.
63. Шимановский, А.О. Динамическая нагруженность конструкции цистерны при торможении / А.О. Шимановский, Г.М. Куземкина // Журнал Автомобильный транспорт (Харьков). – Изд-во: Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет (Харьков), 2006. – № 19. – 32-34 с.
64. Коротовских, В.К. Расчет перегородок в цистернах транспортных средств / В.К. Коротовских, В.А. Вотинков // Материалы Международной научно-технической конференции «Транспортные и транспортно-

технологические системы». – Изд-во: Тюменский индустриальный университет (Тюмень), 2010. – 176-180 с.

65. Модульные системы автоматической мойки автоцистерн от различных пищевых продуктов. Каталог оборудования KMT International Inc.

66. Зарипов, Р.Ю. Стеклопластик в конструкции железнодорожных цистерн / Р.Ю. Зарипов, К.Б. Бектуров, А.Д. Касеналы, Д.Ж. Каербекоев // Материалы ХLI Международной научно-практической конференции. Под редакцией Б.М. Ибраева «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика». – Изд-во: Казахская академия транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева (Алматы), 2017. – 330-335 с.

67. Шимановский, А.О. Конструктивные решения, обеспечивающие безопасность движения цистерн (обзор) // Журнал Проблемы машиностроения и автоматизации, 2009. – № 1. – 44-59 с.

68. Thanu, Dinesh P.R. Fundamentals and applications of sonic technology / Dinesh P.R. Thanu, Mingrui Zhao, Zhenxing Han, Manish Keswani // Developments in surface contamination and cleaning, Volume 11, 2019. – 1-48 pp.

69. ГОСТ 2789-73 Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.

70. Маневич, Б.В. Значение шероховатости контактной поверхности при производстве функциональных продуктов на молочной основе / Б.В. Маневич, Ж.И. Кузина, Т.В. Косьяненко // Молочная промышленность, 2020. – № 11. – С. 54-56

71. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества. Синтез, свойства, анализ, применение, пер. с англ. под науч. ред. Л.П. Зайченко / К.Р. Ланге. – СПб.: Профессия, 2005. – С. 240

72. Рудобашта, С.П. Теплотехника: учебник для высш. учеб. завед. / С.П. Рудобашта. – М.: Изд-во «Перо», 2015. – С. 672

73. Маневич, Б.В. Разработка технологических режимов санитарной обработки молочного оборудования с применением жидких моющих средств

/ диссертационное исследование на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.04. М. – 2005. – С. 105

74. Поликанов, А.В. Оборудование и автоматизация перерабатывающих производств: практикум / А.В. Поликанов, Г.В. Шабурова, А.А. Курочкин, В.М. Зимняков // Учебное пособие 2-е изд., пер. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2020

75. Курочкин, А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства в 2 ч. Часть 1 / Учебник и практикум 2-е изд., пер. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2020. – Ч. 1

76. Курочкин, А.А. Технологическое оборудование для переработки продукции животноводства в 2 ч. Часть 2 / Учебник и практикум 2-е изд., пер. и доп. – М.: Изд-во Юрайт, 2020. – Ч. 2

77. Ильясов, О.Р. Модернизация технологии очистки эмульсионных сточных вод в агропромышленных комплексах / О.Р. Ильясов, Н.Б. Четкова, С.Н. Кошелев, М.Н. Костомахин // Главный зоотехник, 2021. – № 3 (212). – С. 54-64

78. Свитцов, А.А. Очистка сточных вод, содержащих лекарственные соединения, сорбционно-окислительным методом / А.А. Свитцов, В.В. Емжина, А.В. Федотов, Н.Е. Кручинина // Экология и промышленность России, 2019. – Т. 23. – № 8. – С. 11-15

79. Довлатов, И.М. Разработка экологически безопасной технологии очистки воздуха в тепличных комплексах / И.М. Довлатов, А.А. Смирнов // Вестник ВИЭСХ, 2018. – № 4 (33). – С. 19-24

80. Мамедова, Р.А. Молочное животноводство в России: состояние и перспективы цифровизации / Агроинженерия. – М.: Российский государственный аграрный университет-Московская сельскохозяйственная академия им. К.А. Тимирязева, 2020. – № 6. – С. 10-16

81. Матвеев, В.Ю. Повышение эффективности промывки доильных установок на основе пневмомеханического интенсификатора с активными рабочими органами / диссертационное исследование на соискание ученой

степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01. М. – 2001. – С. 141

82. Березуцкий, В.И. Совершенствование системы мойки молокопровода доильной установки УДС-3А / диссертационное исследование на соискание ученой степени по специальности 05.20.01. Зеленоград. – 2000. – С. 158

83. Матвеев, В.Ю. Сокращение затрат на мойку молокопроводов доильных установок / В.Ю. Матвеев // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт, 2020. – № 5. – С. 41-45

84. Панин, А.А. Совершенствование системы промывки и контроля состояния внутренних поверхности молокопровода доильной установки / диссертационное исследование на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01. Оренбург, 2012. – С. 122

85. Матвеев, В.Ю. Разработка функционально-морфологической модели системы санитарной обработки доильной установки / В.Ю. Матвеев, В.П. Заикин, М.М. Маслов // Аграрный научный журнал, 2020. – № 3. – С. 85-90

86. Матвеев, В.Ю. Структурно-логическая схема функционирования системы санитарной обработки доильных установок с молокопроводом и автоматом промывки / В.Ю. Матвеев, М.М. Маслов, В.П. Заикин, Д.В. Филиппов // Аграрный научный журнал, 2020. – № 6. – С. 111-115

87. Цой, Ю.А. Технологические аспекты создания «умной» молочной фермы / Ю.А. Цой, Р.А. Баишева // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – Киров: Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока им. Н.В. Рудницкого, 2019. – № 2. – Т. 20. – С. 192-199

88. Цой, Ю.А. Состояние и стратегии технологической модернизации и повышения конкурентоспособности молочных ферм России / Ю.А. Цой, Р.А. Баишева, В.В. Танифа, Д.С. Танифа // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – М.: Институт механизации животноводства - филиал Федерального государственного

бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 2019. – № 3(35). – С. 109-113

89. Бойко, А.Я. Обоснование параметров водосберегающих режимов циркуляционной промывки доильных установок / А.Я. Бойко, П.К. Барский, Р.А. Мамедова // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве Труды 6-й международной научно-технической конференции ЧЗ. – М: ГНУ ВИЭСХ, 2008 – С. 153-156

90. Кирсанов, В.В. Перспективный механический очиститель молокопроводов / В.В. Кирсанов, В.Ю. Матвеев, М.М. Маслов, А.Е. Ческов // Сельский механизатор, 2018. – № 9. – С. 26-27

91. Кирсанов, В.В. Повышение качества очистки молочных линий при использовании различных механических очистителей с активными рабочими органами / В.В. Кирсанов, В.Ю. Матвеев, М.М. Маслов // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства, 2018. – № 3 (31). – С. 77-81

92. Матвеев, В.Ю. Меры санитарной обработки молочных линий / В.Ю. Матвеев // Вестник НГИЭИ, 2017. – № 3 (70). – С. 32-40

93. Цой, Ю.А. Результаты экспериментальных исследований пробкового режима движения газожидкостной смеси при промывке доильных установок / Ю.А. Цой, Р.А. Мамедова // Научные труды ГНУ ВНИИМЖ Россельхозакадемии. – М.: Институт механизации животноводства - филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ», 2008. – № 2. – Т. 18. – С. 82-91

94. Курочкин, А.А. Анализ оценочных показателей реакции коров на отдельные составляющие машинных технологий / Инновационная техника и технология. – Пенза: Фролов Дмитрий Иванович, 2017. – № 4(13). – С. 5-9

95. Зимняков, В.М. Производственный учет и отчетность на перерабатывающих предприятиях / В.М. Зимняков, А.А. Курочкин //

Инновационная техника и технология. – Пенза: Фролов Дмитрий Иванович, 2018. – № 1(14). – С. 34-39

96. Цой, Ю.А. Параметры пробкового режима течения жидкости в молокопроводе при промывке / Ю.А. Цой, Р.А. Мамедова // Техника в сельском хозяйстве. – М.: Редакция журнала «Техника в сельском хозяйстве», 2007. – № 2. – С. 3-4

97. Кирсанов, В.В. Энергоэффективная очистка молочных линий / В.В. Кирсанов, В.Ю. Матвеев // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова, 2016. – № 2. – С. 102

98. Кирсанов, В.В. Технология промывки молокопроводов / В.В. Кирсанов, В.Ю. Матвеев, А.Е. Крупин // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова, 2016. – № 2 (43). – С. 86-91

99. Кирсанов, В.В. Технологии механической очистки нефтепроводов и молокопроводов / В.В. Кирсанов, В.Ю. Матвеев, А.Е. Крупин // Вестник ВСГУТУ, 2016. – № 6 (63). – С. 54-59

100. Бойко, А.Я. Технологические основы и опыт создания программируемых автоматов промывки доильного оборудования / А.Я. Бойко, А.И. Зеленцов, Р.А. Мамедова // Сборник материалов научн -практ конф., посвященной 55-летию ПГСХА – Пенза: ПГСХА, 2006. – С. 239-241

101. Цой, Ю.А. Исследования пробкового режима движения жидкости при промывке молокопровода / Ю.А. Цой, Р.А. Мамедова // Новые направления развития технологий и технических средств в молочном животноводстве, Сб. научных трудов XIII Международного симпозиума по вопросам машинного доения сельскохозяйственных животных. – Минск, 2006. – С. 92-97

102. Арутюнов, С.Д. Взаимосвязь шероховатости и рельефа поверхности базисного стоматологического полиметилметакрилатного полимера и формирования микробной биопленки при разных способах полировки

образцов / С.Д. Арутюнов, Е.В. Ипполитов, А.А. Пивоваров, В.Н. Царев // Казанский медицинский журнал, 2014 – Т. 95, № 2 – 224-231 с.

103. Кушнарченко, В.М. Прикладная механика: Учебное пособие для студентов высших учебных заведений / В.М. Кушнарченко, А.М. Ефанов, В.П. Ковалевский. – Оренбург: ОГУ, 2000. – С. 234

104. Грин, Х. Аэрозоли – пыли, дымы и туманы / Х. Грин, В. Лейн // Изд. 2-е, стер., Перевод с англ. Н.А. Фукса. – Л.: Химия, 1972. – С. 428

105. Фукс, Н.А. Механика аэрозолей / Н.А. Фукс. – М.: Изд-во Академии наук СССР, 1955. – С. 353

106. Лярский, П.П. Дезинфекция аэрозолями / П.П. Лярский, В.М. Цетлин. – М.: Медицина, 1981. – С. 176

107. Горобей, В.П. Обоснование устройства генерации капель искусственного дождя пневмогидравлическим распылением жидкости / В.П. Горобей, В.Ю. Москалевич, З.А. Годжаев // Сельскохозяйственные машины и технологии, 2021. – Т. 15. – № 2. – С. 53-60

108. Анохин, С.А. Загрязняемость внутренних поверхностей емкостей сельскохозяйственных назначений / С.А. Анохин, Н.В. Воронин, А.А. Гуськов, Д.В. Никитин, Ю.В. Родионов, И.С. Филатов // Журнал «Наука в центральной России». – Тамбов: Изд-во ФГБНУ ВНИИТиН, 2020. – № 1 (43) – С. 60-69

109. Анохин, С.А. Экспериментальная установка определения процессов мойки емкостей из различных материалов для жидких пищевых продуктов и полуфабрикатов сельскохозяйственного производства / С.А. Анохин, В.А. Талыков, О.А. Карташов // Материалы Всероссийской научно-практической конференции «Фундаментальные и прикладные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации». – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО ТГТУ, 2017. – С. 510-514

110. Анохин, С.А. Совершенствование технологии мойки емкостей для жидких пищевых продуктов / С.А. Анохин, А.Ю. Головкин, П.А. Галкин, Д.Е. Кобзев // Сборник научных трудов Международного научно-технического семинара «Сушка, хранение и переработка продукции растениеводства»,

посвящённого 175-летию со дня рождения К.А. Тимирязева. – М.: Изд-во «Перо», 2018. – С. 247-250

111. Анохин, С.А. Бактериологические загрязнения внутренних поверхностей емкостей хранения и транспортирования молочного сырья / С.А. Анохин // Международная научно-практической конференции «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса» 26-28 февраля 2020 г. – Ростов-на-Дону: Изд-во Общество с ограниченной ответственностью «ДГТУ-ПРИНТ», 2020. – С. 349-351

112. Анохин, С.А. Перспективные методы дезинфекции внутренних поверхностей емкостей сбора, хранения и транспортирования молочного сырья / С.А. Анохин, А.А. Гуськов, Д.В. Никитин, Ю.В. Родионов // Журнал «Наука в центральной России». – Тамбов: Изд-во ФГБНУ ВНИИТиН, 2021. – № 2 (50) – С. 48-54

113. Родионов, Ю.В. Рецептуры моющих средств для мойки и дезинфекции молочного оборудования фермерских хозяйств / Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин, С.А. Анохин, А.А. Гуськов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – Рязань: Изд-во РГАТУ, 2021. – № 2. – Т. 13. – С. 116-121

114. Пат. 2127753 Российская Федерация, МПК С11D 3/382. Моющее средство / Г.Г. Русакова; заявитель и патентообладатель Открытое акционерное общество «Волгоградский маслоэкстракционный завод «Сарепта»». – № 96112914/04; заявл. 19.06.1996; опубл. 20.03.1999

115. Кузина, Ж.И. Ферментативный способ мойки оборудования для производства спредов / Ж.И. Кузина, Б.В. Маневич, Т.В. Косьяненко, Е.Б. Харитоновна // Молочная промышленность, 2016. – № 11. – С. 58-59

116. Кузина, Ж.И. Ферментная мойка для регенерации ультрафильтрационных установок / Ж.И. Кузина, Б.В. Маневич, Е.Б. Харитоновна // Молочная промышленность, 2016. – № 12. – С. 63-65

117. Кузина, Ж.И. Ферменты как альтернатива традиционным физикохимическим способам санитарной обработки оборудования / Ж.И.

Кузина, Б.В. Маневич, Т.В. Косьяненко, Е.Б. Харитонова // Молочная промышленность, 2016. – № 8. – С. 59-60

118. Анохин, С.А. Развитие технологических процессов мойки транспортных средств для перевозки пищевой продукции / С.А. Анохин, А.А. Ионкина, Ю.В. Родионов // Материалы 4-й Международной научно-практической конференции института АрхСиТ ТГТУ «Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт». – Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2017. – С. 481-484

119. СанПиН 2.1.4.559-96 Питьевая вода

120. Анохин, С.А. Современное состояние мойки оборудования животноводства / С.А. Анохин // Сборник научных статей II международной научно-практической конференции «Цифровизация агропромышленного комплекса». – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2020. – С. 16-18

121. Анохин, С.А. Обработка поверхностей ультрамалым объемом / С.А. Анохин, Д.В. Никитин, Ю.В. Родионов // Материалы научно-практической конференции «Современное состояние садоводства Российской Федерации, проблемы отрасли и пути их решения». – Тамбов: ООО «Тамбовский полиграфический союз», 2020. – С. 175-178

122. Анохин, С.А. Гибкие емкости для транспортирования и хранения сельскохозяйственных жидких и сыпучих продуктов и полуфабрикатов / С.А. Анохин, Н.А. Шестакова // Всероссийская конференция «Импортозамещающие технологии и оборудование для глубокой комплексной переработки сельскохозяйственного сырья». – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2019. – С. 201-205

123. Пат. 2728147 Российская Федерация, МПК А47L 1/02, СПК В05В 7/00. Комбинированная моечная установка / С.А. Анохин, А.А. Гуськов, Д.В. Никитин, Ю.В. Родионов, И.С. Филатов, Н.А. Шестакова; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Тамб. ГТУ». – № 2019144504; заявл. 27.12.2019; опубл. 28.07.2020, Бюл. № 22. – 5 с.: 1 ил.

124. Пат. 2752735 Российская Федерация, МПК В08В 3/02, В24С 3/06, В24С 5/04, В05В 3/02, В05В 9/08, СПК В08В 3/02, В24С 3/06, В24С 5/04, В05В 3/02, В05В 9/08. Моечная головка для струйной очистки / С.А. Анохин, А.А. Гуськов, Д.В. Никитин, Ю.В. Родионов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Тамб. ГТУ». – № : 2020124409; заявл. 23.07.2020; опубл. 30.07.2021, Бюл. № 22. – 6 с.: 3 ил.

125. Cleaning and disinfecting water storage tanks and tankers. Technical notes on drinking-water, sanitation and hygiene in emergencies. World Health Organization WEDC, 2013

126. Procedures for emergency tank truck bulk water hauling. Massachusetts Department of Environmental Protection, 2008

127. Теплых, С.Ю. Очистка масло- и жиросодержащих сточных вод / диссертационное исследование на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.04, 2000. – 154 с.

128. Методические указания по санитарной охране водоемов от СПАВ № 1407-76 от 05.03.76

129. Блинова, А.А. Использование минерализатов молочной сыворотки и коллоидного серебра для получения моюще-дезинфицирующих средств / диссертационное исследование на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.04, 2018. – 230 с.

130. ГОСТ Р 53056-2008 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки

131. ГОСТ 26582-85 Машины и оборудование продовольственные

132. Курочкин, А.А. Совершенствование технологии переработки биологических отходов / А.А. Курочкин, Д.И. Фролов, Г.В. Шабурова // Пищевые инновации и биотехнологии. – Кемерово: Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2017. – С. 79-80

133. Производственный календарь на 2021 год (для пятидневной рабочей недели) / Подготовлен с использованием системы Консультант Плюс, 2021

134. ГОСТ 12.1.007-76 Межгосударственный стандарт. Система безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. – Введ. 1977-01-01. – М.: Стандартиформ, 2007. – С. 7

135. Королев, А.С. Разработка методов и технических средств оценки качества очистки молочных линий доильных установок / диссертационное исследование на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.01. Оренбург. – 2010. – 129 с.

136. Потапов, М.А. Снижение бактериальной обсемененности пищевых отходов методом термовакуумной экструзии / М.А. Потапов, А.А. Курочкин // Инновационная техника и технология. – Пенза: Фролов Дмитрий Иванович, 2020. – № 4(25). – С. 53-56

137. Вашков, В.И. Антимикробные средства и методы дезинфекции при инфекционных заболеваниях / В.И. Вашков. – М.: Медицина, 1977. – С. 296

138. ГОСТ 2.782-96 Обозначения условные графические. Машины гидравлические и пневматические.

139. Капустин, В.П. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: метод. указ. / В.П. Капустин, А.В. Брусенков. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016. – С. 48

140. Капустин, В.П. Диагностика и техническое обслуживание машин, используемых в АПК: учебное пособие / В.П. Капустин, А.В. Брусенков. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2017. – С. 84

141. Указ Президента Российской Федерации № 350 от 21 июля 2018 г. «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства»

142. Лачуга, Ю.Ф. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года / Ю.Ф. Лачуга и др. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – С. 80

143. Стратегия развития сельскохозяйственного машиностроения России на период до 2030 года, утвержденная Распоряжением Правительства Российской Федерации № 1455-р от 7 июля 2017 г.

144. Анохин, С.А. Ультразвуковые технологии в системе мойки емкостей сбора, хранения и транспортирования молока / С.А. Анохин, А.А. Гуськов, Д.В. Никитин // Материалы 72-й Международной научно-практической конференции «Перспективные технологии в современном АПК России: традиции и инновации». – Рязань: Изд-во Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 123-127

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Акты внедрения результатов научно-исследовательской работы

**Общество с ограниченной ответственностью
«АГРО-АЛЬЯНС»**

392022, г. Тамбов, пер. Ново-Рубежный, д. 17
ИНН 6829150094, КПП 682901001
ОГРН 1196820006239, ОКПО 40881097

Справка**о внедрении результатов диссертационного исследования**

Результаты диссертационной работы Анохина Сергея Александровича на тему «Совершенствование технологии и технических средств мойки и дезинфекции емкостей сбора, хранения и транспортирования молока» использованы ООО «АГРО-АЛЬЯНС» в виде рекомендаций подготовки оборудования для животноводческих процессов.

Использование результатов диссертационной работы позволяет повысить качество выпускаемой продукции.

Справка представляется в диссертационный совет Д 999.179.03.

Генеральный директор
ООО «АГРО-АЛЬЯНС»



(подпись)

А.В. Забылин

« 17 » 08 2021 г.

Колхоз – племенной завод им. Ленина

392524, Тамбовская область, Тамбовский р-н,
с. Покрово-Пригородное, ул. Советская, д. 72 А
ИНН 6833003991, КПП 682001001
ОГРН 1026800887992, ОКПО 03690005

Справка**о внедрении результатов диссертационного исследования**

Результаты диссертационного исследования Анохина Сергея Александровича на тему «Совершенствование технологии и технических средств мойки и дезинфекции емкостей сбора, хранения и транспортирования молока» были рассмотрены и внедрены в технологические процессы производства сырого молока.

Использование конструкции комбинированной моечной установки позволило снизить расходы воды, моющих и дезинфицирующих реагентов, а также электроэнергии при мойке и дезинфекции молочного оборудования.

Разработанные технология и установка повысили производительность и снизили трудозатраты в процессах подготовки молочного оборудования.

Справка представляется в диссертационный совет Д 999.179.03.

Председатель
Колхоз – племенной завод
им. Ленина



(подпись)

В.И. Нестеров

« ____ » _____ 2021 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тамбовский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «ТГТУ»)



«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научно-инновационной
деятельности ФГБОУ ВО «ТГТУ»

Д.Ю. Муромцев

20 21 г.

АКТ

внедрения в учебный процесс результатов научно-исследовательской работы

Комиссия в составе председателя – заведующего кафедрой «Агроинженерия», д.т.н., профессора Ведищева С.М., членов: профессора кафедры «Агроинженерия», д.т.н., профессора Капустина В.П., доцента кафедры «Агроинженерия», к.т.н., доцента Прохорова А.В. составили акт о нижеследующем.

Комиссия рассмотрела материалы научно-исследовательской работы Анохина С.А. на тему: «Совершенствование технологии и технических средств мойки и дезинфекции емкостей сбора, хранения и транспортирования молока», включающие обоснование принципа работы и конструкции комбинированной моечной установки с применением распыления ультрамалого объема реагента; результаты теоретических и экспериментальных исследований; апробацию экспериментального образца.

Комиссия отмечает, что рассмотренные материалы имеют существенное прикладное значение и приняты для внедрения в учебный процесс на кафедре «Агроинженерия».

Аналитические и экспериментальные результаты включены в учебный процесс при проведении лекционных, практических и лабораторных работ, а также используются при подготовке выпускных квалификационных и учебно-исследовательских работ по направлениям 35.03.06 и 35.04.06 «Агроинженерия».

Председатель комиссии:

Зав. кафедрой «Агроинженерия»,
д.т.н., доцент

С.М. Ведищев

Члены комиссии:

Профессор кафедры «Агроинженерия»,
д.т.н., профессор
Доцент кафедры «Агроинженерия»,
к.т.н., доцент

В.П. Капустин

А.В. Прохоров

Сертификаты участия в научно-технических семинарах и конференциях

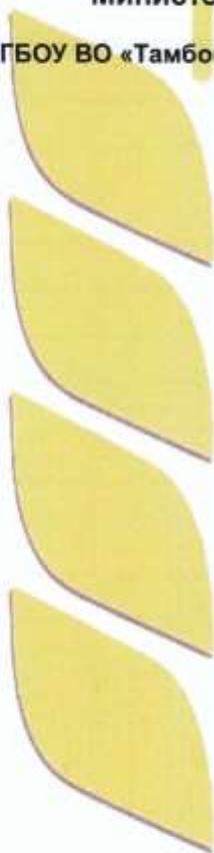




Министерство науки и высшего образования РФ



ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»



СЕРТИФИКАТ

подтверждает, что

АНОХИН

Сергей Александрович

Участвовал (а)
во II Международной
научно-практической конференции
«Цифровизация агропромышленного комплекса»
с докладом
«Современное состояние мойки оборудования животноводства»

Заместитель председателя
программного комитета, проректор
по научно-инновационной деятельности
ФГБОУ ВО «ТГТУ», д.т.н., профессор



Д.Ю. Муромцев

21-23 октября 2020 года

г. Тамбов

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего образования
 «Рязанский государственный агротехнологический университет
 имени П.А. Костычева»

Традиции

Качество

Перспектива

Диплом

награждается

Анохин Сергей Александрович

за активное участие в работе секции
 «Инженерно-технические решения для АПК»
 72 Международной научно-практической
 конференции
 «Перспективные технологии в современном
 АПК России: традиции и инновации»

20 апреля 2021 г.

Врио ректора, доктор технических наук, доцент

А.В. Шемякин



ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Патенты на изобретения,
разработанные в ходе научно-исследовательской работы



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 728 147⁽¹³⁾ C1**(51) МПК
A47L 1/02 (2006.01)(12) **ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**(52) СПК
B05B 7/00 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2019144504, 27.12.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.12.2019Дата регистрации:
28.07.2020Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 27.12.2019

(45) Опубликовано: 28.07.2020 Бюл. № 22

Адрес для переписки:
392000, г. Тамбов, ул. Советская, 106, ТГТУ,
каб. 6, ВОИР, отдел патентования, Неверова
Ольга Сергеевна, Неверова Светлана Юрьевна(72) Автор(ы):
Анохин Сергей Александрович (RU),
Гуськов Артем Анатольевич (RU),
Никитин Дмитрий Вячеславович (RU),
Родионов Юрий Викторович (RU),
Филатов Иван Сергеевич (RU),
Шестакова Наталья Александровна (RU)(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Тамбовский государственный
технический университет» (ФГБОУ ВО
«ТГТУ») (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: US 5529530 A, 25.06.1996; RU 9919935
B2, 10.08.2013; US 9919935 B2, 20.03.2018.(54) **КОМБИНИРОВАННАЯ МОЕЧНАЯ УСТАНОВКА**(57) **Формула изобретения**

Комбинированная моечная установка контактного типа, содержащая емкости для моющего раствора, ополаскивающей жидкости, для отстоя, фильтрации и обеззараживания отработанной жидкости, компрессор-нагнетатель, вакуумный насос, гибкие шланги и моющую головку-распылитель, отличающаяся тем, что емкость для отстоя, фильтрации и обеззараживания выполнена совместно с озонатором-барботером, а в установке применен озонатор с емкостью для озонированной газовой среды, при этом озонированная газовая среда посредством водокольцевого вакуумного насоса проходит по шланговым магистралям, причем емкости для моющего раствора и ополаскивающей жидкости оснащены нагревательными элементами.

RU 2 728 147 C 1

RU 2 728 147 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2752735

Моющая головка для струйной очистки

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «ТГТУ»)* (RU)

Авторы: *Анохин Сергей Александрович (RU), Гуськов Артем Анатольевич (RU), Никитин Дмитрий Вячеславович (RU), Родионов Юрий Викторович (RU)*

Заявка № 2020124409

Приоритет изобретения **23 июля 2020 г.**

Дата государственной регистрации

в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации **30 июля 2021 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **23 июля 2040 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Г.П. Ильев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 752 735⁽¹³⁾ C1**

(51) МПК
B08B 3/02 (2006.01)
B24C 3/06 (2006.01)
B24C 5/04 (2006.01)
B05B 3/02 (2006.01)
B05B 9/08 (2006.01)

(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(52) СПК
B08B 3/02 (2021.05); B24C 3/06 (2021.05); B24C 5/04 (2021.05); B05B 3/02 (2021.05); B05B 9/08 (2021.05)

(21)(22) Заявка: 2020124409, 23.07.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
23.07.2020

Дата регистрации:
30.07.2021

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 23.07.2020

(45) Опубликовано: 30.07.2021 Бюл. № 22

Адрес для переписки:
392000, Тамбовская обл., г. Тамбов, ул.
Советская, 106, ТГТУ, каб. 6, ВОИР, отдел
патентования, Неверова Ольга Сергеевна,
Неверова Светлана Юрьевна

(72) Автор(ы):
Авохин Сергей Александрович (RU),
Гуськов Артем Анатольевич (RU),
Никитин Дмитрий Вячеславович (RU),
Родионов Юрий Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования «Тамбовский государственный
технический университет» (ФГБОУ ВО
«ТГТУ») (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2601823 C1, 10.11.2016. SU
1315035 A1, 07.06.1987. SU 1378955 A1,
07.03.1988. RU 2021042 C1, 15.10.1994. US
5833521 A1, 10.11.1998. US 5709590 A1,
20.01.1998.

(54) Моечная головка для струйной очистки

(57) Формула изобретения

Моечная головка для струйной очистки, содержащая сопло для формирования струи жидкости, установленное с возможностью перемещения, систему подвода рабочего агента к соплу, отличающаяся тем, что с целью интенсификации и повышения качества процессов мойки и очистки она снабжена дополнительными соплами, расположенными под пространственным углом к оси центрального сопла, формирующими струи жидкости, вращающиеся под действием реактивных сил головку с соплами, полым корпусом-насадкой с межстеночным пространством для отвода жидкости.

RU 2 7 5 2 7 3 5 C 1

RU 2 7 5 2 7 3 5 C 1

ПРИЛОЖЕНИЕ В
Заключения лаборатории

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения
«Центр гигиены и эпидемиологии в Тамбовской области»
(ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Тамбовской области»)
Испытательный лабораторный центр

Юридический адрес: ул. Сергея Рахманинова, 5а, г. Тамбов, 392000 тел. (4752) 72-64-37; факс (4752) 72-64-37
Реквизиты: ОКПО 71258469 ОГРН 1056882298901 ИНН/КПП 6829012023/682901001
УФК по Тамбовской области (ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Тамбовской области») д/сч 20646У61400
р/сч 40501810468502000001 Отделение Тамбов. г. Тамбов БИК 046850001
e-mail: org_cge@68.rosпотребнадzor.ru

АТТЕСТАТ

Уникальный номер записи в реестре
аккредитованных лиц
№ РОСС RU.0001.510686

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ИЛЦ /
(заместитель руководителя ИЛЦ)



А.П. Суворин
(Г.Н. Кирсанова)
23 марта 2021 г.

ПРОТОКОЛ
ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

№ пр1011 от 23 марта 2021 г.

1. **Наименование предприятия, организации (заявитель):** Анохин Сергей Александрович
2. **Юридический адрес:** Тамбовская область, г. Тамбов, Бульвар Энтузиастов, д. 1 ж, корп. 4, кв. 57
3. **Наименование образца (пробы):** Смывы с объектов внешней среды
4. **Место отбора:** Лаборатория учебного корпуса А, ФГБОУ ВО "ТГТУ", Тамбовская область, г. Тамбов, Мичуринская, д. 112
5. **Условия отбора, доставки**
Дата и время отбора: 12.03.2021 в 10:00
Ф.И.О., должность: Анохин С.А.
Условия доставки: соответствуют НД
Дата и время доставки в ИЛЦ: 12.03.2021 13:00
Пробы отобраны в соответствии с МУ 4.2.2942-11 "Методы санитарно-бактериологических исследований объектов окружающей среды, воздуха и контроля стерильности в лечебных организациях".
6. **Дополнительные сведения, отклонения или исключения из метода:** Цель исследований, основание: Производственный контроль, договор № 1622 от 26.02.2021
Заявление(заявка) № 329.ИЛЦ.21 от 25.02.2021
7. **НД, регламентирующие объем лабораторных испытаний:** СП 2.1.3678-20 "Санитарно-эпидемиологические требования к эксплуатации помещений, зданий, сооружений, оборудования и транспорта, а также условиям деятельности хозяйствующих субъектов, осуществляющих продажу товаров, выполнение работ или оказание услуг".
8. **Код образца (пробы):** 2.21.1011 1
9. **НД на методы исследований, подготовку проб:** МУ 4.2.2942-11 "Методы санитарно-бактериологических исследований объектов окружающей среды, воздуха и контроля стерильности в лечебных организациях".
10. **Средства измерений, испытательное оборудование:**

№ п/п	Наименование, тип	Заводской номер	Номер в Госреестре	№ свидетельства о поверке, протокола об аттестации	Срок действия
1	Термостат суховоздушный лабораторный ТС в Л-160	№32	-	протокол № М-251 от 14.05.2020	13.05.2022
11. **Место осуществления деятельности:** 392000, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. С. Рахманинова, д. 5а лит. Д

Протокол № пр1011 распечатан 23.03.2021

стр. 1 из 2

Результаты относятся к образцам (пробам), прошедшим испытания
Настоящий протокол не может быть полностью или частично воспроизведен без письменного разрешения ИЛЦ

12. Результаты испытаний

Рег. номер	Место отбора	Определяемые показатели	Ед. измерения	Результаты исследования	Величина допустимого уровня	НД на методы исследований
Образцы поступили 12.03.2021 13:10 испытания проведены по адресу: 392000, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. С. Разманникова, д. 5а лит. Д дата начала испытаний 12.03.2021 13:10 дата выдачи результата 18.03.2021 11:50						
лаборатория						
1011/1	Смыв с пластины № 1	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	134	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	386	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
1011/2	Смыв с пластины № 2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	74	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	276	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
1011/3	Смыв с пластины № 3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
1011/4	Смыв с пластины № 4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
1011/5	Смыв с пластины № 5	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
1011/6	Смыв с пластины № 6	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
1011/7	Смыв с пластины № 7	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
1011/8	Смыв с пластины № 8	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	4	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
1011/9	Смыв с пластины № 9	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
1011/10	Смыв с пластины № 10	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11

Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека
Федеральное бюджетное учреждение здравоохранения
«Центр гигиены и эпидемиологии в Тамбовской области»
Испытательный лабораторный центр

Юридический адрес: ул. Сергея Рахманинова, 5а, г. Тамбов, 392000 тел. (4752) 72-64-37; факс (4752) 72-64-37
 Реквизиты: ОКПО 71258469 ОГРН 1056882298901 ИНН/КПП 6829012023/682901001
 УФК по Тамбовской области (ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Тамбовской области» л/сч 20646U61400) р/сч
 40501810468502000001 Отделение Тамбов. г. Тамбов БИК 046850001

АТТЕСТАТ

Уникальный номер записи в реестре
 аккредитованных лиц
 № РОСС RU.0001.510686

УТВЕРЖДАЮ:

Исполнитель ИЛЦ (заместитель)



А.П. Суворин
 (Г.Н. Кирсанова)

" _____ 2020 г.

ПРОТОКОЛ
ЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ

№ пр5461 от 28 декабря 2020 г.

1. Наименование предприятия, организации (заявитель): Анохин С.А.
2. Юридический адрес: Тамбовская область, г.Тамбов, Б.Энтузиастов, д. 1Ж, корп. 4, кв. 57
3. Наименование образца (пробы): Смывы с объектов внешней среды
4. Место отбора Анохин С.А., г. Тамбов, ул. Мичуринская, д.112
5. Условия отбора, доставки
 Дата и время отбора: 18.12.2020 в 11:00
 Ф.И.О., должность: Коротковских Е. Н. помощник врача
 Условия доставки: соответствуют НД
 Дата и время доставки в ИЛЦ: 18.12.2020 13:00
 Пробы отобраны в соответствии с МУ 4.2.2942-11 "Методы санитарно-бактериологических исследований объектов окружающей среды, воздуха и контроля стерильности в лечебных организациях".
6. Дополнительные сведения, отклонения или исключения из метода:
 Цель исследований, основание: Производственный контроль, договор № 15743 от 07.12.2020
 Заявление(заявка) № 3446.ИЛЦ.20 от 30.11.2020
7. НД, регламентирующие объем лабораторных исследований:
 СанПиН 2.1.3.2630-10 "Санитарно-эпидемиологические требования к организациям, осуществляющим медицинскую деятельность"
8. Код образца (пробы): 2.20.5461 1
9. НД на методы исследований, подготовку проб:
10. Место осуществления деятельности: 392000, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. С. Рахманинова, д. 5а лит. Д

11. Результаты испытаний

Рег. номер	Место отбора	Определяемые показатели	Ед. измерения	Результаты исследований	Величина допустимого уровня	НД на методы исследований
Образцы поступили 18.12.2020 13:10						
испытания проведены по адресу::392000, Тамбовская область, г. Тамбов, ул. С. Рахманинова, д. 5а лит. Д						
дата начала испытаний 18.12.2020 13:10 дата выдачи результата 23.12.2020 15:14						

Протокол № пр5461 распечатан 28.12.2020

стр. 1 из 2

Результаты относятся к образцам (пробам), прошедшим испытания
 Настоящий протокол не может быть полностью или частично воспроизведен без письменного разрешения ИЛЦ

Рег. номер	Место отбора	Определяемые показатели	Ед. измерения	Результаты исследования	Величина допустимого уровня	ИД на методы исследований
5461/1	Смыв с пластины из нерж. стали 50*50 № 1	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	121	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	473	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
5461/2	Смыв с пластины из нерж. стали 50*50 № 2	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	93	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	402	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
5461/3	Смыв с пластины из нерж. стали 50*50 № 3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	21	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	134	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
5461/4	Смыв с пластины из нерж. стали 50*50 № 4	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	8	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	14	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
5461/5	Смыв с пластины из нерж. стали 50*50 № 5	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
5461/6	Смыв с пластины из нерж. стали 50*50 № 6	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	13	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	21	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
5461/7	Смыв с пластины из нерж. стали 50*50 № 7	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	4	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	16	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
5461/8	Смыв с пластины из нерж. стали 50*50 № 8	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	3	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
5461/9	Смыв с пластины из нерж. стали 50*50 № 9	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
5461/10	Смыв с пластины из нерж. стали 50*50 № 10	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	-	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		Стафилококки	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11
		БГКП	КОЕ/см ³	не обнаружено	отсутствие	МУК 4.2.2942-11

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Листинг программы

расчета параметров распыления ультрамалого объема реагента

```
#!/usr/bin/python3
# -*- coding: utf-8 -*-

import math

#Переменные
surface_tension = 0 #74.22/100000 = 0.0007422
roughness = 0 #0.05/10000 = 0.000005
density = 0 #0.997
viscosity = 0 #17.8/100000 = 0.000178
relative_humidity = 0 #0.78
temperature_solution = 0 #65
temperature_can = 0 #10
A_const = 1 #1
diameter_can = 0 #35

biocide_delution = 0 #0.9
biocide_const = 0 #1
concentration = 0 #0.5

#Константы
R_gas_constant = 0.03 * 10**7 #газовая постоянная, (г*см)/(с2*моль*С)
N_Avogadro = 6.02214076 * 10**23 #Постоянная Авогадро, моль-1
gravity_acceleration = 981 #Ускорение свободного падения, см/с2

def wash_parameters():
    global surface_tension, roughness, density, viscosity, relative_humidity, temperature_solution,
    temperature_can, A_const, diameter_can
    global R_gas_constant, N_Avogadro, gravity_acceleration

    #Параметры раствора
    density = float(input(u'Плотность раствора, г/см3: '))
    surface_tension = float(input(u'Поверхностное натяжение, Н/см: '))
    temperature_solution = float(input(u'Температура раствора, С: '))

    #Параметры окружающей среды
    viscosity = float(input(u'Вязкость, г/(см*с): '))
    relative_humidity = float(input(u'Относительная влажность: '))

    #Параметры емкости
    diameter_can = float(input(u'Диаметр емкости, см: '))
    roughness = float(input(u'Шероховатость, см: '))
    temperature_can = float(input(u'Температура емкости, С: '))

def des_parameters():
```

```

global biocide_delution, biocide_const, concentration, relative_humidity

biocide_delution = float(input(u'Коэффициент разбавления биоцида: '))
biocide_const = float(input(u'Констанда биоцида при заданных температуре и
кислотности, см3/(г*мин.): '))
concentration = float(input(u'Концентрация биоцида в растворе, г/см3: '))

def frequency_generator():
    global surface_tension, roughness, density
    frequency = math.sqrt((0.32 * math.pi * surface_tension)/(roughness**3 * density))
    return(frequency)

def average_particle_diameter(frequency):
    global surface_tension, density
    particle_diameter = 0.34 * math.pow(((8 * math.pi * surface_tension)/(density *
frequency**2)), (1/3))
    return(particle_diameter)

def average_speed(particle_diameter):
    global density, gravity_acceleration, viscosity, relative_humidity
    speed = ((1 - relative_humidity) * density * gravity_acceleration * particle_diameter**2)/(18 *
viscosity)
    return(speed)

def mean_free_path(speed):
    global density, viscosity, relative_humidity
    free_run = viscosity /(0.499 * density * speed * (1 - relative_humidity))
    return(free_run)

def temperature_difference():
    global temperature_solution, temperature_can
    delta_temperature = temperature_solution - temperature_can
    return(delta_temperature)

def diffusion_coefficient(delta_temperature, free_run, particle_diameter):
    global temperature_solution, R_gas_constant, N_Avogadro, viscosity, relative_humidity
    diffusion = (R_gas_constant * (temperature_solution + delta_temperature) * (1 + ((2 * A_const
* free_run)/particle_diameter)) * (1 - relative_humidity))/(N_Avogadro * 3 * math.pi * viscosity
* particle_diameter)
    return(diffusion)

def wash_time(diffusion):
    global diameter_can
    time_w = diameter_can/(4 * diffusion)
    return(time_w)

def des_time():
    global biocide_const, biocide_delution, concentration, relative_humidity
    time_d = 60/(relative_humidity * biocide_const * concentration**biocide_delution)
    return(time_d)

#Расчет

```

```

def calculate():
    global surface_tension, roughness, density, viscosity, relative_humidity, temperature_solution,
    temperature_can, A_const, diameter_can
    global biocide_delution, biocide_const, concentration
    global R_gas_constant, N_Avogadro, gravity_acceleration

    print(u'Выберите тип расчета (введите число):')
    print(u'1 - Расчет времени мойки')
    print(u'2 - Расчет времени дезинфекции')
    print(u'3 - Комплексный расчет мойки и дезинфекции')

    choose_calc = input()

    if choose_calc == '1':
        try:
            wash_parameters()
        except:
            print(u'Неверно введены параметры')
        try:
            frequency = frequency_generator()
            particle_diameter = average_particle_diameter(frequency)
            speed = average_speed(particle_diameter)
            free_run = mean_free_path(speed)
            delta_temperature = temperature_difference()
            diffusion = diffusion_coefficient(delta_temperature, free_run, particle_diameter)
            time_w = wash_time(diffusion)

            print(u'Частота генератора %.2f Гц' % frequency)
            print(u'Время предобработки %d мин. %d с' % ((time_w // 60), (time_w % 60)))

        except:
            print('Sorry')
    elif choose_calc == '2':
        try:
            des_parameters()
            relative_humidity = float(input(u'Относительная влажность: '))
        except:
            print(u'Неверно введены параметры')
        try:
            time_d = des_time()
            print(u'Время экспозиции %d мин. %d с' % ((time_d // 60), (time_d % 60)))
        except:
            print('sorry')
    elif choose_calc == '3':
        try:
            wash_parameters()
            des_parameters()
        except:
            print(u'Неверно введены параметры')
        try:
            frequency = frequency_generator()
            particle_diameter = average_particle_diameter(frequency)

```

```

speed = average_speed(particle_diameter)
free_run = mean_free_path(speed)
delta_temperature = temperature_difference()
diffusion = diffusion_coefficient(delta_temperature, free_run, particle_diameter)
time_w = wash_time(diffusion)

time_d = des_time()

time_sum = time_d + time_w

print(u'Частота генератора %.2f Гц' % frequency)
print(u'Время предобработки %d мин. %d с' % ((time_w // 60), (time_w % 60)))
print(u'Время экспозиции %d мин. %d с' % ((time_d // 60), (time_d % 60)))
print(u'Время мойки %d мин. %d с' % ((time_sum // 60), (time_sum % 60)))

except:
    print('sorrow')
else:
    print(u'Неверно выбрано число')

calculate()

```

Пример результата работы программы

Выберите тип расчета (введите число):

- 1 - Расчет времени мойки
 - 2 - Расчет времени дезинфекции
 - 3 - Комплексный расчет мойки и дезинфекции
- 3

Ввод параметров:

Плотность раствора, г/см³: 0.997

Поверхностное натяжение, Н/см: 0.0007422

Температура раствора, °С: 65

Вязкость, г/(см*с): 0.000178

Относительная влажность: 0.78

Диаметр емкости, см: 35

Шероховатость, см: 0.000005

Температура емкости, °С: 10

Коэффициент разбавления биоцида: 0.9

Констанда биоцида при заданных температуре и кислотности, см³/(г*мин.): 1

Концентрация биоцида в растворе, г/см³: 0.5

Вывод результатов:

Частота генератора 2446852.64 Гц

Время предобработки 0 мин. 14 с

Время экспозиции 2 мин. 23 с

Время мойки 2 мин. 37 с