

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский национальный исследовательский
технологический университет»

На правах рукописи



ЛЫСЕНКОВ АНТОН ИЛЬИЧ

**РАЗВИТИЕ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА
ПРОИЗВОДСТВА СУБЛИМИРОВАННОЙ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ
НА ОСНОВЕ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ
УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ**

2.5.22. Управление качеством продукции.
Стандартизация. Организация производства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор экономических наук, доцент
Кудрявцева Светлана Сергеевна

Казань–2026

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ	5
ВВЕДЕНИЕ	6
1 АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК ПО ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ПОЛНОГО ЦИКЛА	16
1.1 Обзор научных исследований по интеграции методов искусственного интеллекта в задачи управления качеством процессов и продукции сублимации	16
1.2 Анализ базы стандартов, регламентирующих организацию производства и требования к качеству сублимированной молочной продукции	33
1.3 Анализ соответствия сублимированной молочной продукции российских производителей требуемым параметрам качества и систематизация проблем	47
Выводы по главе 1	64
2 КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА СУБЛИМИРОВАННОЙ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ	67
2.1 Идея внедрения статистического инструментария оценки качества продукции на этапах жизненного цикла производства сублимированного молока.....	67
2.2 Типология производственных факторов (рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству	79
2.3 Концептуальная модель предиктивной диагностики управления рисками несоответствий в системе менеджмента качества молочного производства .	90
Выводы по главе 2.....	101
3 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НЕСООТВЕТСТВИЙ В	

СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА СУБЛИМИРОВАННОЙ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ	103
3.1 Организационно-функциональная модель системы менеджмента качества молочного производства с учетом типологии производственных рисков....	103
3.2 Алгоритм процессов обратной связи в системе управления качеством .	116
3.3 Разработка имитационной модели для процесса управления качеством сублимационной сушки молока в AnyLogic на основе времени операций и параметров процесса.....	122
Выводы по главе 3.....	138
4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА СУБЛИМИРОВАННОЙ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ .	141
4.1 Разработка технического описания порядка выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков	141
4.2 Апробация методики предиктивной аналитики качества продукции на примере производства сублимированного молока.....	151
4.3 Оценка технической и экономической результативности разработанных решений в части диагностики рисков и соответствия продукции требуемому качеству	161
Выводы по главе 4.....	167
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	169
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	172
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	188
Приложение 1	189
Максимально допустимые уровни содержания остаточных количеств ветеринарных лекарственных средств (фармакологически активных веществ и их метаболитов) в пищевой продукции животного происхождения, в том числе в переработанной продукции животного происхождения, включая	

продовольственное (пищевое) сырье животного происхождения (составлено автором).....	189
Приложение 2	191
Критерии оценки маркировки сублимированной молочной продукции (составлено автором)	191
Приложение 3	193
Оценка информационной идентификации производителей сублимированной молочной продукции (составлено автором).....	193
Приложение 4	194
Перечень критериев оценки сублимированной молочной продукции (разработано автором)	194
Приложение 5	197
Оценка параметров качества сублимированных молочных продуктов (по категориям) (разработано автором).....	197
Приложение 6	202
Исходный программный код алгоритма процессов обратной связи в системе управления качеством (на примере сублимированного молока) (разработано автором).....	202
Приложение 7	213
Пример формы реестра риска на предприятии	213
Приложение 8	215
Форма мониторинга и пересмотра риска.....	215
Приложение 9	216
Технологические схемы Цеха сублимированной продукции «Грин Лайф» от фабрики здоровой еды «Green House» ООО «СХ Техника»	216
Приложение 10	220
Гистограммы распределения частот по показателям качества готового продукта, а также показателям качества сырья и технологии производства (рассчитано автором)	220

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АСУП – автоматизированная система управления предприятием

ИИ – искусственный интеллект

КМАФАНМ – количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов

ПЧР – приоритетное число риска

СМК – система менеджмента качества

ТИ – техническая инструкция

ТР – технический регламент

ТС – таможенный союз

GHP – программа производственной гигиены

GMP – программа производственной практики

НАССР – международная система управления безопасностью пищевой продукции

ПоТ – промышленный интернет вещей

MAE – средняя абсолютная ошибка

MASE – средняя абсолютная масштабированная ошибка

MLP (Multilayer Perceptron) – многослойный перцептрон

MSE – средняя квадратическая ошибка

SMAPE – симметричная средняя абсолютная процентная ошибка

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Современный этап развития промышленности характеризуется сменой целевых ориентиров: от стратегий импортозамещения и достижения технологической независимости производственные системы переходят к парадигме опережающего развития и глобального технологического лидерства. В новых условиях традиционные модели управления качеством, ориентированные преимущественно на контроль соответствия продукции утвержденным стандартам и выявление брака на финальных стадиях производства, утрачивают свою эффективность. Возникает объективная потребность в трансформации систем менеджмента качества (СМК), которые должны стать не просто инструментом обеспечения стабильности показателей, а драйвером инновационного развития, интегрированным в контур стратегического планирования и управления жизненным циклом изделия.

Кроме того, в условиях цифровой трансформации промышленных производств проблема обеспечения стабильности качества продукции приобретает новое измерение. Традиционные методы статистического контроля качества, ориентированные на обнаружение брака на выходе, уступают место предиктивным моделям, интегрированным в контур управления технологическими процессами и производственными рисками. Одним из критических факторов, дестабилизирующих качество готовой продукции, является техническое состояние оборудования: его деградация, износ и внезапные отказы приводят к сбою настроек, нарушению режимов обработки и, как следствие, к появлению систематических дефектов.

Актуальность данного исследования определяется необходимостью развития научно-методического аппарата, позволяющего количественно оценить влияние прогнозируемых отказов оборудования на ключевые показатели качества продукции и интегрировать эти оценки в общую систему управления качеством на предприятии. Решение данной задачи соответствует

вектору развития методов обеспечения качества на всех этапах жизненного цикла продукции машиностроения для молочной промышленности и создает основу для построения адаптивных, самонастраивающихся производственных систем.

В этой связи особенно важным представляется рассмотреть концептуальные подходы к развитию СМК производственных систем, способных обеспечить не только надежность и безопасность продукции, но и сокращение времени вывода инноваций на рынок, формирование опережающих стандартов качества и, как следствие, достижение устойчивого технологического лидерства.

Базовые стандарты составляют основу для построения любой системы менеджмента качества на предприятии: ГОСТ Р ИСО 9001–2015, ГОСТ Р ИСО 9000–2015, ГОСТ Р ИСО 19011–2021. Они содержат терминологию и основные принципы менеджмента качества (процессный подход, ресурсосбережение, ресурсоэффективность и др.). В контексте технологического лидерства действуют межотраслевые стандарты для производственных систем, связывающие управление качеством с процессами создания инновационной продукции, надежностью технологических систем (оборудования), что критически влияет на стабильность качества: ГОСТ Р 55270–2018, ГОСТ Р 54536–2011, ГОСТ 27.004–85, ГОСТ 27.202–83, ГОСТ Р 55269–2012. Однако в данных ГОСТах не хватает систематизации методов и средств организации производства в условиях организационно-управленческих, технологических и технических рисков.

Сублимированная молочная продукция относится к категории товаров с высоким экспортным потенциалом. Если на этапе обеспечения технологической независимости стояла задача освоить базовые технологии сублимации, то на этапе опережающего развития требуется переход к созданию продуктов с принципиально новыми потребительскими свойствами: пролонгированные сроки хранения, сохранение биоактивных компонентов, специализированное питание. Именно здесь управление качеством становится

инструментом глобальной конкуренции.

Таким образом, тематика по развитию системы менеджмента качества производства на основе предиктивной диагностики управления рисками представляется актуальной и своевременной в контексте организации производства.

Степень разработанности темы исследования. Вопросы совершенствования системы менеджмента качества широко представлены в научных исследованиях таких авторов, как: Васильев В.А., Грачева А.Д., Гусева Т.В., Ковригин Е.А., Колесникова Т.Г., Кудрявцева С.С., Малышева Т.В., Мешалкин В.П., Тверяков А.М., Усанькова Е.А., Шинкевич А.И. и другие.

Проблематика системы менеджмента качества в пищевых производствах, в частности, в производстве сублимированного молока, детально проработана следующими учеными: Бегунова А.В., Бурков А.И., Данчева А.С., Ивкова И.А., Игнатова Д.Ф., Илларионова Е.Е., Кузнецова Л.И., Локачук М.Н., Лямина А.В., Макарова Н.В., Павловская Е.Н., Парфенова Е.Ю., Радаева И.А., Савкина О.А., Туровская С.Н. и другие.

Применению инструментов предиктивной аналитики в управлении производственными рисками в условиях цифровизации экономики посвящены исследования таких авторов, как: Аббазова В.Н., Антипова О.А., Билятдинов К.З., Бурнаев А.В., Гришина Т.Г., Горохова Д.А., Дьяконов Н.А., Карх Д. А., Ковригин Е.А., Логунова О.С., Пономарев К.С., Савич Е.К., Сафаргалиев М.Ф., Феофанов А.Н. и других.

Несмотря на присутствие значительного объема работ, раскрывающих сущность производственных рисков в системе управления качеством, отмечается недостаток исследований применительно к углублению в проблематику развития системы менеджмента качества производства сублимированной молочной продукции на основе предиктивной диагностики управления рисками работы оборудования, что предопределило выбор темы диссертационного исследования, постановку его цели и задач.

Цель и задачи диссертационного исследования. Цель диссертационного исследования состоит в разработке научно-обоснованного методического обеспечения по совершенствованию системы менеджмента качества производства сублимированной молочной продукции на основе предиктивной диагностики управления рисками отказа оборудования. Достижению цели способствует решение следующих задач:

- провести обзор научных исследований и базы стандартов, регламентирующих организацию производства и требования к качеству сублимированной молочной продукции для последующей типологизации производственных факторов (рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству;

- разработать концептуальная модель предиктивной аналитики качества продукции и управления рисками несоответствий с учетом в ней сложных организационно-функциональных взаимосвязей на предприятиях по производству сублимированной молочной продукции;

- разработать методику предиктивной аналитики качества продукции с включением в нее входных и выходных параметров качества на всех этапах жизненного цикла продукта;

- разработать алгоритм процессов обратной связи в системе управления качеством, характеризуемый системным и непрерывным учетом качества сырья, технологии производства, оборудования и готовой продукции на всех этапах технологического процесса;

- провести апробацию предлагаемого методического обеспечения по совершенствованию системы менеджмента качества производства сублимированной молочной продукции на основе предиктивной диагностики управления рисками на примере ООО «СХ Техника».

Объект исследования. Система и организация производства сублимированной молочной продукции.

Предмет исследования. Система менеджмента качества предприятия по производству сублимированной молочной продукции, включая подсистему

управления рисками.

Соответствие содержания диссертации избранной специальности.

Диссертация выполнена в соответствии с паспортом научной специальности 2.5.22 Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства по следующим пунктам: п. 3. Научные основы и совершенствование методов стандартизации и менеджмента качества (контроль, управление, обеспечение, повышение, планирование качества) объектов и услуг на различных стадиях жизненного цикла продукции; п. 7. Научные основы управления рисками и предотвращения несоответствий в технических и организационных системах; п. 22. Разработка методов и средств организации производства в условиях организационно-управленческих, технологических и технических рисков.

Научная новизна диссертационного исследования состоит в разработке нового научно-обоснованного методического обеспечения принятия решений по совершенствованию системы менеджмента качества производства сублимированной молочной продукции на основе предиктивной диагностики управления рисками.

1. Предложена типологизация производственных факторов (рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству, которая *в отличие от традиционных классификаций* учитывает внутренние, внешние риски, а также характер и степень их влияния на процесс производства готовой продукции на всех этапах жизненного цикла, что *позволяет* проводить глубинный анализ соответствия сублимированной молочной продукции требуемым критериям качества как со стороны производителя, так и потребителя (п. 3 паспорта специальности 2.5.22).

2. Разработана концептуальная модель предиктивной аналитики качества продукции и управления рисками несоответствий, *отличающаяся* отображением сложных организационно-функциональных взаимосвязей на предприятиях по производству сублимированной молочной продукции, что *позволяет* принимать эффективные управленческие решения по организации

системы контроля качества на этапах технологического процесса производства сухого молока (п. 7 паспорта специальности 2.5.22).

3. Разработана методика предиктивной аналитики качества продукции, которая *в отличие от существующих* методик оценки включает наряду с выходными параметрами, комплексные входные параметры – качество сырья, технологии производства и оборудования, что *позволяет* строить аналитические прогнозы трендов качества готового продукта и вносить корректирующие действия при прогнозировании возможных отклонений от параметров качества (п. 7 паспорта специальности 2.5.22).

4. Разработан алгоритм процессов обратной связи в системе управления качеством, *отличающийся* системным и непрерывным учетом качества сырья, технологии производства, оборудования и готовой продукции на всех этапах технологического процесса, что *позволяет* оценивать техническую результативность управленческих решений в части диагностики рисков и соответствия продукции требуемому качеству (п. 22 паспорта специальности 2.5.22).

Теоретическая значимость исследования. Систематизированы, обобщены и развиты методы научных исследований по теории организации системы менеджмента качества на промышленных предприятиях; обобщено понимание критериев соответствия продукции российских производителей требуемым параметрам качества. Предложена концептуальная модель предиктивной диагностики управления рисками несоответствий в системе менеджмента качества промышленного производства. Выявлены и обобщены производственные факторы (риски), влияющих на соответствие промышленной продукции требуемому качеству.

Практическая значимость исследования. Результаты диссертационной работы имеют важное практическое значение для решения практических задач совершенствования системы менеджмента качества производства сублимированной молочной продукции на основе предиктивной диагностики управления рисками. Разработанные методики и алгоритмы

организации системы менеджмента качества производства сублимированной молочной продукции на основе предиктивной диагностики управления рисками использованы при создании руководящих технических материалов и научно-обоснованных рекомендаций по организации системы менеджмента качества для производственных систем в пищевой промышленности.

Научные и практические разработки автора использованы: в выполнении различных технических проектов в ООО «СХ Техника» при совершенствовании системы менеджмента качества в части разработки управленческих решений на основе предиктивной диагностики управления рисками; в учебном процессе ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» при преподавании дисциплин и разработке основных образовательных программ по разделам теории организации производства в изучении дисциплин «Моделирование технических систем», «Организация производства», «Оценка эффективности технических систем».

Получено **свидетельство о регистрации программы для ЭВМ** – «Автоматизация расчета показателей качества сублимированного молока» (Свидетельство о регистрации электронного ресурса №2026687902 от 11 сентября 2026 г., Федеральная служба по интеллектуальной собственности).

Методы и инструменты исследования. Современные научно-теоретические и практические методы организации систем менеджмента качества пищевых производств, методы теории организации, системного анализа, процессный и проектный подходы к управлению, теоретические основы организации системы управления рисками, теория организации эффективных производственных систем.

Общенаучные методы познания включают методы описания, обобщения, анализа, синтеза, формализации, причинно-следственных связей, анализ трендов, морфологического анализа, визуализации.

Применены методы описательной статистики, динамический сопоставительный анализ, нейросетевое моделирование, прогностический

анализ, инструменты моделирования бизнес-процессов с использованием Business Studio, AnyLogic и Statistica, опросы.

Информационную базу диссертационного исследования составили труды отечественных и зарубежных ученых, представленные в научных статьях, монографиях, диссертациях по проблематике теории менеджмента качества и управления рисками на предприятиях пищевых производств; официальная статистическая информация, содержащийся на сайте Росстата, Татарстанстата, Минэкономразвития России, Минпромторга России; информационные источники правовых систем Гарант и Консультант +, аналитических агентств, экспертно-аналитических центров, предприятий реального сектора экономики, относящихся к пищевым производствам, и другие.

Положения, выносимые на защиту:

1. Типологизация производственных факторов (рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству.
2. Концептуальная модель предиктивной аналитики качества продукции и управления рисками несоответствий.
3. Методика предиктивной аналитики качества продукции с включением входных и выходных параметров качества на всех этапах жизненного цикла продукта.
4. Алгоритм процессов обратной связи в системе управления качеством, характеризуемый системным и непрерывным учетом качества сырья, технологии производства, оборудования и готовой продукции на всех этапах технологического процесса.

Обоснованность научных результатов диссертационного исследования подтверждается применением общепринятых апробированных научных положений, методологии системного подхода, научных методов экспериментальных исследований; применением методов системного анализа, статистического моделирования, системной динамики, риск-менеджмента и др.; подтверждается согласованностью полученных новых научных результатов с известными теоретическими положениями.

Достоверность полученных в диссертации новых научных результатов подтверждается проработкой и систематизацией обширного материала научных исследований по проблеме организации систем менеджмента качества и управления производственными рисками. Верификация полученных научных выводов и результатов исследования подтверждается высокой адекватностью разработанных моделей, методик и алгоритмов, их применением на предприятиях пищевых производств; методика и подходы при выполнении научного исследования проведены в рамках существующих теорий организации систем менеджмента качества, дополняя и развивая их. В диссертации проведен сравнительный анализ существующих и предлагаемых научно-практических методик организации систем менеджмента качества на предприятиях по производству сублимированной молочной продукции; использованы современные методы сбора, обработки, систематизации информации, моделирования и анализа данных о процессах производства предприятий пищевой отрасли промышленности.

Апробация предлагаемых теоретических положений достигнута публикацией материалов диссертационного исследования в ведущих рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по специальности 5.2.22 Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства; монографиях, участии в конференциях разного уровня, а также внедрением практических результатов в деятельности промышленного предприятия ООО «СХ Техника», в учебном процессе ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет».

Апробация работы. Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на научно-практических международных конференциях: V Международная научно-практическая конференция «Тенденции развития логистики и управления цепями поставок в условиях цифровизации» (Казань, 2024 г.); XVII Международная научно-практическая конференция «Новые научные исследования» (Пенза, 2026 г.); VI Международная научно-

практическая конференция «Научные исследования и разработки» (Пенза, 2026г.); 10-ая Международная молодежная научно-практическая конференция «Молодежь и системная модернизация страны» (Курс, 2026г.); XIII Международный научно-практический форум «Эффективные системы менеджмента: стандартизация. экономика данных. кадровое и технологическое лидерство» (Казань, 2026 г.) и другие.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, из них 4 статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, зарегистрирована программа для ЭВМ.

Структура, логика, содержание и объем диссертации. Диссертационное исследование состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, приложений. Объем диссертации составляет 224 страниц, включая 45 рисунков, 35 таблиц, 10 приложений. Библиографический список включает 121 источник.

1 АНАЛИЗ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК ПО ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ В ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ ПОЛНОГО ЦИКЛА

1.1 Обзор научных исследований по интеграции методов искусственного интеллекта в задачи управления качеством процессов и продукции сублимации

Технологии искусственного интеллекта (ИИ) активно используются в различных сферах деятельности, что обуславливает актуальность рассмотрения возможностей их применения в пищевой промышленности, а также в вопросах управления качеством.

В работах Мамаражабовой Б. А., Шингисова А. У., Гамарника И. А. и др. приведен обзор использования механизмов ИИ в пищевой промышленности на примере крупных предприятий, таких как Соса-Сола, MARS, АО «ЭКО РЕСУРС» и др. По мнению авторов ИИ является наиболее перспективным инструментом широкого прикладного применения, который можно использовать в следующих направлениях [20,63]:

- осуществления контроля качества и безопасности выпускаемой продукции;
- моделирования и улучшения биохимических характеристик продуктов на основе использования технологий – «электронный нос», «электронный язык», машинное зрение и др.;
- оптимизации и управления технологическими бизнес-процессами производств;
- прогнозирования спроса, создания новых продуктов и рецептур посредством цифровых двойников и др.

В данных статьях приведен обзор теоретических исследований и практик реализации технологий ИИ в пищевой промышленности, однако работы носят концептуальный, а не прикладной характер, отсутствуют анализ

статистических данных, технические характеристики технологий и оценка их эффективности.

Захаров Г. С. и др. в своем исследовании приводят обзор современных решений и перспектив развития применения технологий ИИ в пищевой промышленности [36]. Также как и в вышеупомянутых работах, в статье приведены перспективы использования ИИ в области обеспечения контроля качества, оптимизации бизнес-процессов, прогнозирования, а также раскрыты возможности использования Интернета вещей для управления цепями поставок пищевой продукции, идентификации трендов, персонификации диет; изучен потенциал использования дронов в точном земледелии, например, в картографировании, мониторинге состояния посевов, для распыления удобрений и орошения, прогнозирования урожайности. Вместе с тем, авторы считают, что технологии ИИ активно, но неравномерно проникают в сферу пищевых производств. Для повышения скорости внедрения технологий ИИ на предприятия пищевой промышленности необходим комплексный подход, который будет включать следующие направления деятельности:

- расширение инструментов государственной поддержки цифровой трансформации,
- создание образовательной траектории повышения квалификации персонала с целью получения новых компетенций;
- обеспечение эффективной интеграции науки и технологий в единый процесс развития перспективных технологий ИИ.

Авторы подчеркивают, что необходимы создание и апробация адаптированных и доступных ИИ технологий, учитывающих специфику предприятий пищевой промышленности, также разработка стандартов и этических норм их применения. Вместе с тем, следует отметить, что статья носит обзорный характер, авторы делают выводы на основании теоретических, избегая качественных и количественных характеристик технологий ИИ для разных областей применения.

Исследование Подашева Д.Б. и Фроловой Н.А. посвящено теоретическому обоснованию необходимости совершенствования механизма реализации системы менеджмента качества пищевой промышленности России [80]. В работе представлен анализ имеющихся инструментов к управлению качеством, в том числе стандарты ISO 9001, статистические методы, НАССР, GMP. В качестве преимуществ этих подходов отмечена их универсальность и процессный подход, однако их ключевым недостатком по мнению авторов является отсутствие отраслевой специфики.

Кроме того, в работе систематизированы основные инструменты контроля качества пищевых продуктов, представленные на рисунке (рисунок 1.1.1).

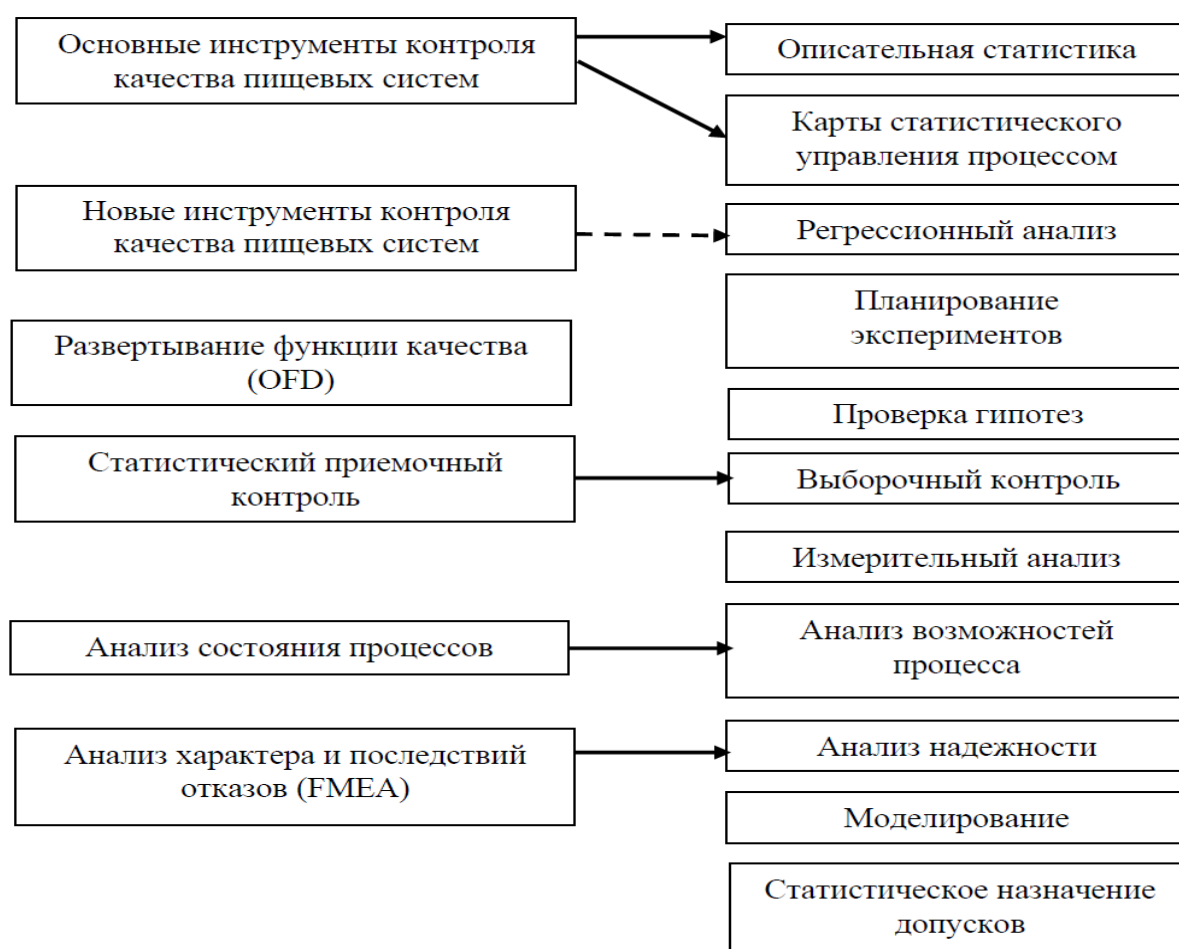


Рисунок 1.1.1 – Основные инструменты контроля качества пищевых продуктов [80]

Недостатками статьи является преимущественно теоретический характер, избыточный обзорный материал, отсутствие инструментов государственного регулирования данного вопроса, не раскрыты риски, ограничения, возможности использования ИИ для решения поставленных задач.

Аббазова В. Н. и Карх Д. А. посвятили свое исследование моделированию интеграций технологий ИИ для оценки качества овощей на предприятиях пищевой промышленности и торговли [1]. По мнению авторов, традиционный визуальный осмотр качества овощей работниками не объективен и трудоемок, что ведет к потерям и порче продукции. Целью исследования являлось создание обучаемой модели на основе сверточных нейронных сетей (CNN), на языке Python с использованием фреймворков TensorFlow, Keras, Flask. Для достижения поставленной цели в статье разработана и обоснована модель автоматического анализа изображений на основе ИИ для оценки качества овощей, классифицируя их на следующие категории: «Здоровые», «Допустимые дефекты», «Нестандарт» и «Брак». На рисунке отображена архитектура системы контроля качества продукции с применением цифровых технологий (рисунок 1.1.2).

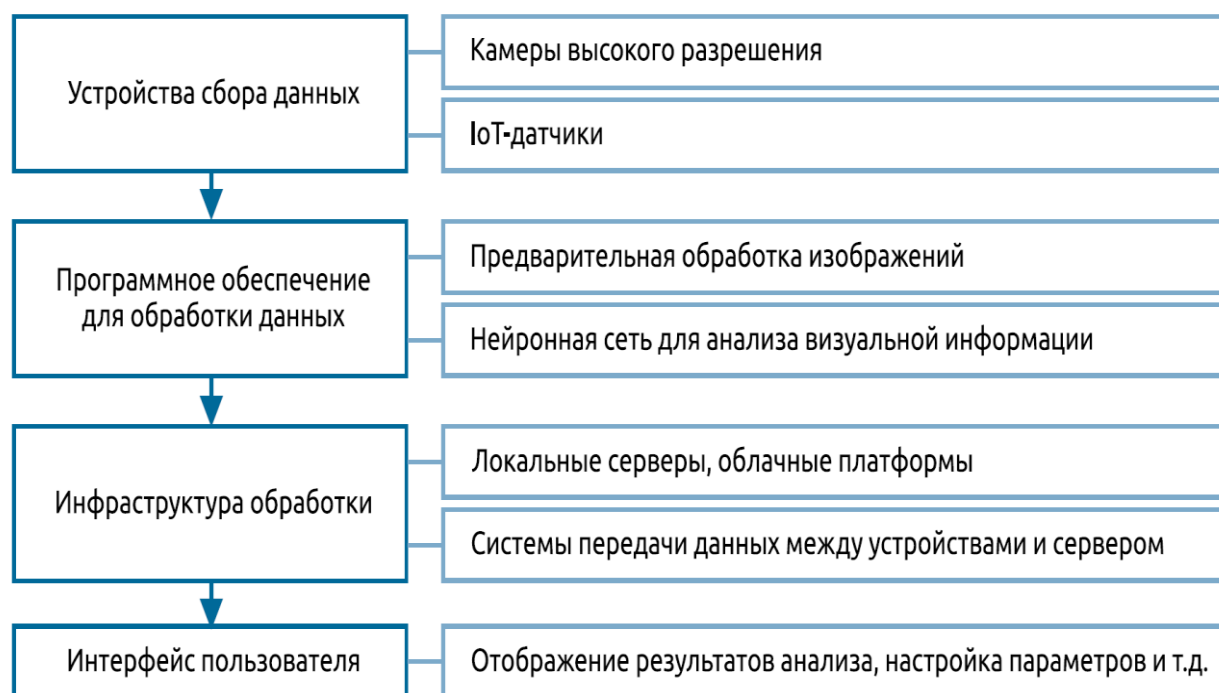


Рисунок 1.1.2 – Архитектура системы контроля качества продукции с применением цифровых технологий [1]

Модель имеет практическую значимость, однако необходимо отметить следующие недостатки: небольшой объем обучающей выборки (200 изображений), низкая точность классификации и размытость критериев классификации, отсутствие данных о тестировании в реальных условиях.

Метревели И. С. в своей статье приводит обзор современного уровня применения российских цифровых систем управления качеством (CAQ – Computer Aided Quality) на основе ИИ с акцентом на пищевую отрасль. На рисунке 1.1.3 отражена экспертная оценка потенциала применения технологий искусственного интеллекта в цифровых решениях для управления качеством [66].

Группа технологий	Применимость в САQ (в целом / в ОКВЭД 10)	Обоснование применимости в САQ (вообще)	Комментарий к потенциалу применимости в ОКВЭД 10
1. ИИ для работы с изображениями	2 / 1	Применимо в САQ: статистический контроль процессов, управление несоответствиями, отчетность и анализ и пр.	Объем работы с данными в формате изображений при управлении качеством в ОКВЭД 10 ограничен
1.1. ИИ для анализа изображений	2 / 1	Примеры применения: использование компьютерного зрения для автоматического анализа изображений с целью обнаружения дефектов на продукции	Объем анализируемых данных в формате изображений при управлении качеством в ОКВЭД 10 ограничен
1.2. ИИ для обработки изображений	1 / 1	Ограниченно применимо в САQ: обработка изображений преимущественно в целях анализа (см. п. 1.1)	Объем обрабатываемых данных в формате изображений при управлении качеством в ОКВЭД 10 ограничен
1.3. ИИ для генерации изображений	0 / 0	Генерация изображений при управлении качеством на текущий момент не применяется	Генерация изображений при управлении качеством в ОКВЭД 10 не применяется
2. ИИ для работы с видеоданными	2 / 2	Применимо в САQ: статистический контроль процессов, управление несоответствиями, отчетность и анализ и пр.	Указанные направления применения в функциональных возможностях САQ актуальны для ОКВЭД 10
2.1. ИИ для анализа видеоданных	2 / 2	Примеры применения: использование компьютерного зрения для автоматического анализа видео с целью обнаружения дефектов на продукции	Указанные направления применения в функциональных возможностях САQ актуальны для ОКВЭД 10
2.2. ИИ для обработки видеоданных	1 / 1	Ограниченно применимо в САQ: обработка видео преимущественно в целях анализа (см. п. 2.1)	Объем обрабатываемых данных в формате видео при управлении качеством в ОКВЭД 10 ограничен
2.3. ИИ для генерации видеоданных	0 / 0	Генерация видеоданных при управлении качеством на текущий момент не применяется	Генерация видеоданных при управлении качеством в ОКВЭД 10 не применяется
3. ИИ для работы с текстовой информацией	2 / 2	Применимо в САQ: управление документацией, управление аудитам, отчетность и анализ и пр.	Указанные направления применения в функциональных возможностях САQ актуальны для ОКВЭД 10
3.1. ИИ для анализа текстовой информации	2 / 2	Примеры применения: технологии NLP (Natural Language Processing, Обработка естественного языка) могут классифицировать тексты по категориям (например, тип дефекта: «механический», «электрический», «косметический»)	Указанные направления применения в функциональных возможностях САQ актуальны для ОКВЭД 10
3.2. ИИ для обработки текста	2 / 1	Примеры применения: обработки неструктурированных данных, таких как отчеты об инцидентах, протоколы испытаний, описания дефектов и техническая документация	Объем обработки текстовой информации при управлении качеством в ОКВЭД 10 ограничен

Рисунок 1.1.3 – Экспертная оценка потенциала применения технологий искусственного интеллекта в цифровых решениях для управления качеством [66]

Основными недостатками статьи являются:

- поверхностный анализ реестра ПО;
- слабая операционализация ИИ;
- отсутствие критической оценки барьеров для внедрения ИИ;
- устаревшая база для терминов (использование ГОСТ 15467–79 (1979 года);
- отсутствие сравнительного анализа.

Интеллектуальные системы поддержки принятия решений на основе ИИ в персонализированном питании и нутрициологии на основе анализа состава

продуктов исследованы в статье Тунян Э. Г. и др. [106]. Ключевая проблематика исследования заключается в том, что традиционно разработка диет основывается не на персональных особенностях человека (физиологических, учитывающих образ жизни и психологическое состояние), а на типовых рекомендациях. Для решения данной проблемы авторы предлагают использовать современные технологии ИИ, а именно языковые модели (LLM), методы машинного обучения (ML), компьютерного зрения и мультимодальных данных. Интеграция модульных архитектур (например, оркестраторов, баз данных и др.) и интерактивных интерфейсов на базе LLM (например, ChatDiet) позволяет обеспечить разработку прозрачных и сугубо индивидуальных диетических рекомендаций. Данное исследование показало значимые клинические и поведенческие результаты, снижение выраженности симптомов заболеваний ЖКТ и их ремиссия, повышение вовлеченности и соблюдения диетических рекомендаций. В качестве недостатков исследования можно отметить:

- отсутствие четкой методологической базы обзора источников информации и их недостаточная критическая оценка;
- слабая структурированность и логическая фрагментарность;
- отсутствие количественной оценки данных;
- нечеткое разделение клинической и технической валидации результатов;
- недостаточное внимание к вопросам этики и регуляtorики;
- отсутствие конкретных рекомендаций для будущих исследований.

Исследование Каповского Б. Р. и др. концентрирует внимание на технологиях применения ИИ в пищевой промышленности, включая [44]:

- эволюцию ИИ как научного направления;
- классификацию и краткое описание ИИ в пищевой отрасли;
- теорию управления, лежащую в основе интеллектуальных систем;

– описание промышленных роботов, применяемых в пищевой промышленности.

Виды роботов, используемых в пищевой промышленности отражены на рисунке (рисунок 1.1.4).

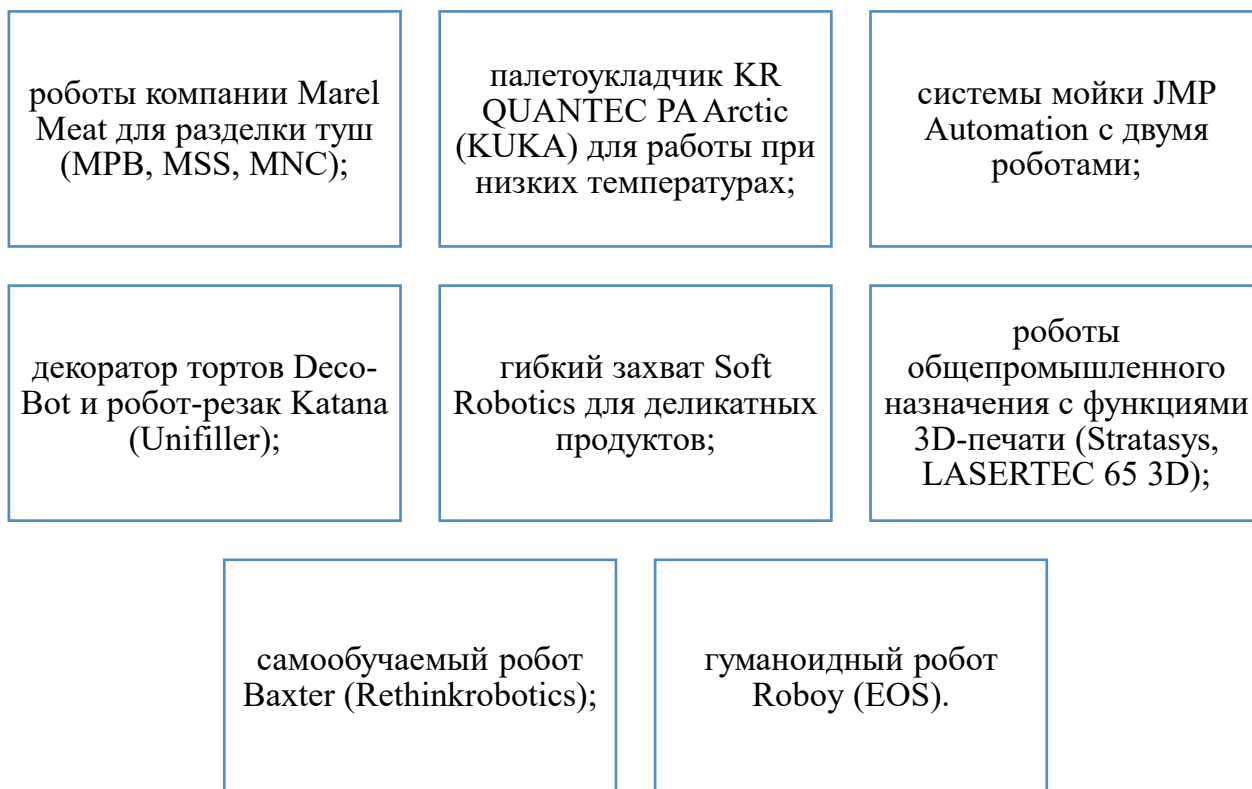


Рисунок 1.1.4 – Виды роботов, используемых в пищевой промышленности [44]

Недостатками исследования являются отсутствие четкости и научного изложения материала; поверхностное освещение технологий ИИ; акцент на роботизацию; отсутствие примеров из отечественной практики.

Сферой научных интересов Тимчука Е. Г. является изучение возможностей применения ИИ в пищевой промышленности (рисунок 1.1.5), а также применение «электронных сенсорных» устройств, оснащенных ИИ, для обеспечения качества пищевой продукции [102,103].

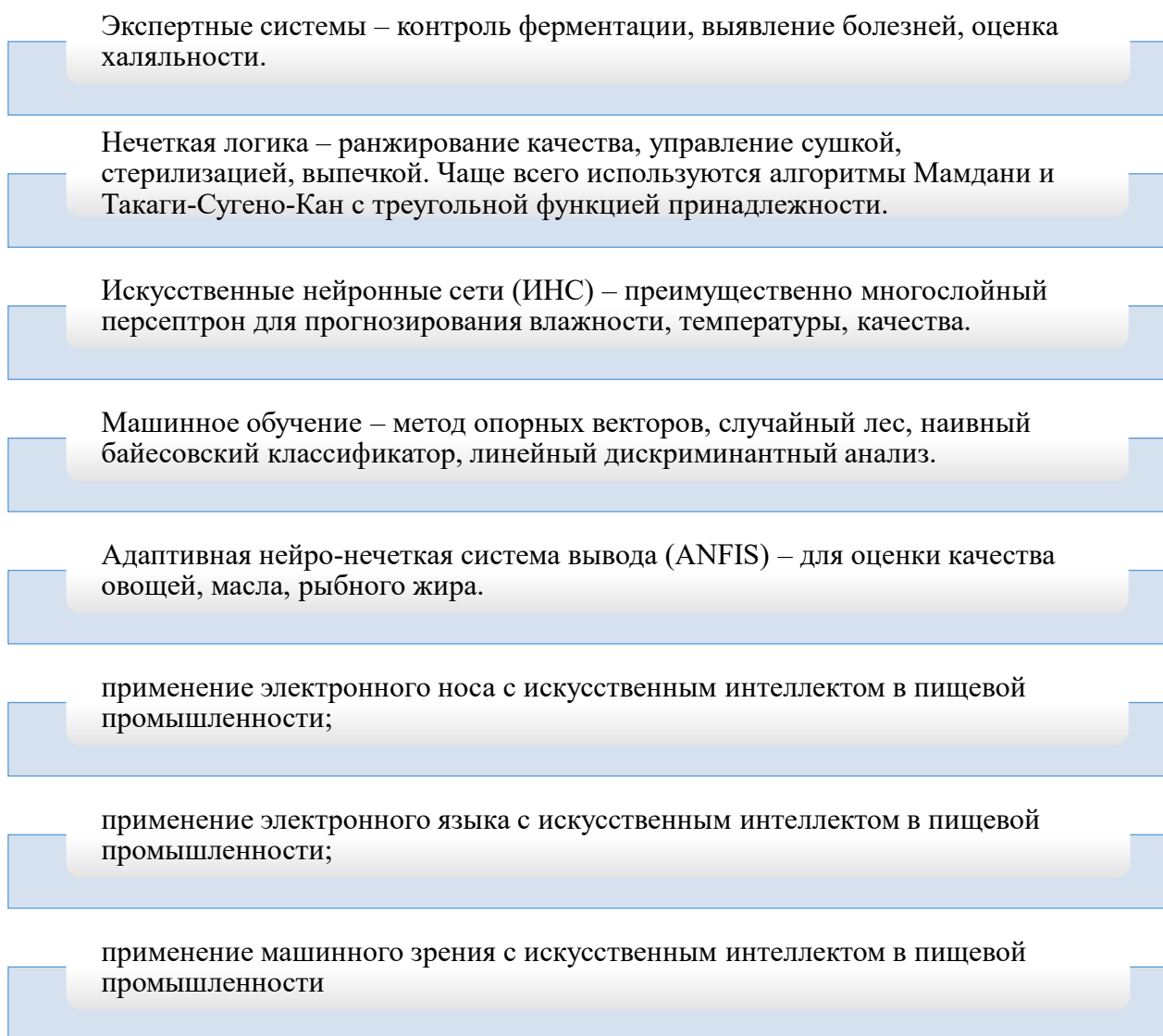


Рисунок 1.1.5 – Направления применения ИИ для оценки качества в пищевой промышленности [103]

Исследования опираются на обзор более 90 источников отечественных и зарубежных источников в рассматриваемой проблематике, что обеспечивает значительный теоретический задел. Необходимо отметить, что отсутствуют технические, количественные и экономические параметры технологий ИИ, что усложняет выбор обоснованного решения в пользу применения того или иного инструмента для обеспечения качества пищевой продукции.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что оценке возможностей использования технологий ИИ для повышения качества в пищевой

промышленности посвящено значительное количество работ. В том числе, Гербер Ю. Б. и др. «Цифровой формат развития пищевой промышленности в современных экономических условиях», Гончаров М. В. И др. «Перспективы применения ИИ и машинного обучения в автоматизации процессов производства и контроля качества пищевых продуктов», Ким И. Н. и др. «О показателях качества современного пищевого оборудования и подводных камнях при приобретении технологических машин с высоким ИИ», Стадник Е. И. «Оптимизация бизнес-процессов на предприятиях по производству пищевых продуктов», Эргашев Б. А., Шадиев З. И. «Роль цифровых решений в мониторинге и контроле качества пищевой продукции на всех этапах цепочки поставок» [21,22,45,97,114]. Однако ключевыми недостатками данных работ является теоретический характер изложения материала, отсутствие анализа количественных и статистических данных.

Изучив возможности использования технологий ИИ для повышения качества в пищевой промышленности рассмотрим технологии сублимации пищевой продукции.

В статье Блынской Е. В. и соавторов, посвященной совершенствованию методов математического моделирования процесса сублимации и оптимизация режимов лиофилизации, с целью расчета тепло- и массообменных процессов во время удаления 90 % всей влаги [8]. Предложенная модель описывает массовый и энергетический балансы в высушенном слое с учетом скорости адсорбции/десорбции воды на границе раздела фаз, массо- и теплопередачу на сублимационной границе раздела фаз, а также энергетический баланс передачи тепла в стенке флаконов с учетом расположения флаконов на полке и других факторов, влияющих на процесс сублимации. Статья представляет собой значимое исследование, поскольку раскрывает подход к усовершенствованию математического моделирования процессов сублимации, с учетом бокового теплопереноса через стенку флакона. Однако результаты работы не отражают технологические характеристики процесса – оптимальные режимы работы, графики и др., что

делают математическую модель непригодной для оперативного управления производством, требуя создания упрощённых (редуцированных) моделей.

На качество сублимированной продукции значительное влияние оказывают способы бланширования, представляющие собой технологии обработки сырья для удаления микробов и пестицидов, с сохранением текстуры, вкусовых и питательных веществ. В статье Бурака Л.Ч. раскрыты современные методы бланширования и их влияние на процесс сушки фруктов и овощей, дано обоснование их преимуществ и недостатков. На ряду с рассмотренными технологиями автор выделяет инфракрасное бланширование как инновационный метод, позволяющий повысить качество сушеных продуктов (консистенцию, сохранение цвета, питательных веществ и сохранения витаминов в сушеных фруктах и овощах), посредством минимизации времени сушки и, соответственно, энергоемкости процесса [12]. В статье приведен обзор более 100 отечественных и зарубежных исследований в рассматриваемой проблематике, приведены качественные и количественные характеристики результатов применения технологий инфракрасного бланширования, но отсутствует оценка экономической эффективности и данных по промышленному масштабированию, что ограничивает возможности практического применения данного метода.

В статье Причко Т. Г. и Дрофичевой Н. В. посвящена изучению закономерностей изменения показателей качества фруктов после лиофильной сушки [83]. Проблематика исследования является в том, что свежие фрукты содержат до 80% влаги, что делает их скоропортящимися продуктами. Леофильная сушка фруктов, которая проводится при низкой температуре (до -82°C) и глубоком вакууме (1 Па), обеспечивает сохранность всех полезных качеств продукции, вкусовых и структурных характеристик, при этом удаляя до 99% влаги. Исследование состояло из четырех шагов:

- 1) оценка качества сырья (яблоки (Голден Делишес), абрикос (Ананасный), черешня (Мелитопольская), земляника (Клери), малина (Полана));

- 2) лиофилизации сырья под разными температурами заморозки (от -20 до -82 градусов) и разными режимами времени (от 36 до 84 часов);
- 3) анализ качества лиофилизированной продукции в зависимости от вариаций обработки;
- 4) оценка сохранности сухофруктов при различных условиях хранения (вакуумная упаковка, банки и др.).

В результате экспериментов получены следующие выводы:

- наибольшая эффективность лиофилизации достигается при предварительной заморозке сырья до -82 градусов, при этом время сушки зависит от вида фруктов;
- обеспечивается сохранность биологически активных веществ и витаминов при данном способе лиофилизации;
- высокие органолептические показатели сухофруктов – вкус, аромат, цвет, внешний вид и пр.;
- сокращение массы сырья до 60%, что повышает удобство транспортировки и хранения;
- повышение функциональной ценности – употребление 100 гр. сухофруктов позволяет удовлетворить суточную потребность организма в витаминах.

Наряду с достоинствами работы выделим следующие недостатки: отсутствует статистическая обработка данных, нехватка полноты описания методов экспериментов, ограниченность выбора сортов овощей, отсутствие анализа экономической эффективности лиофилизации овощей.

Особенностью статьи Васюковой А.Т. и соавторов заключается в исследовании показателей качества экстрактов и сублиматов в виде порошков, полученных при безотходной технологии переработки овощей и фруктов. По мнению авторов, у большинства жителей России наблюдается дефицит потребления свежих овощей и фруктов, ввиду суровых климатических условий и отсутствия круглогодичного доступа к свежим продуктам [17]. Эту проблему можно решить посредством создания сублимированных и

экстрагированных овощей, фруктов, культурных и дикорастущих растений, в качестве источника биологически активных веществ и витаминов. В качестве объектов исследования представлены 50 образцов порошкообразных экстрактов и сублиматов, сухие смеси 14 вариантов одно-, двух-, трех- и четырехкомпонентных купажей овощных, плодово-ягодных порошков.

В исследовании использованы два вида технологий:

- 1) экстракция – измельчение, спиртовая вытяжка, пастеризация, сушка, упаковка;
- 2) сублимация – сушка в замороженном состоянии под вакуумом.

В результате экспериментов полученная продукция характеризовалась высокими органолептическими показателями, физико-химической стабильностью, сохранностью витаминов и полезных веществ, безотходностью технологий.

Статья характеризуется типовыми недостатками для исследований аналогичного характера, в том числе терминологическая путаница, отсутствие статистических показателей, неполное описание методов, недостаточность обоснования с безотходностью применяемой технологии.

Исследование Моховой Е.К. и соавторов направлено разработку и валидацию математической модели вакуумной сублимационной сушки для трансфера технологий с лабораторного уровня на промышленный [68].

Авторы предлагают интегрировать два подхода:

- 1) одномерную модель кинетики сушки (на языке Python);
- 2) модель вычислительной гидродинамики (CFD) в пакете Ansys Fluent.

Предложенная модель включает все периоды сушки, послойное движение фронта сублимации, тепломассоперенос в замороженной и высушенной зонах, а также диффузионные ограничения на этапе досушки. В исследовании кинетическая модель для высушиваемого материала – код Python, объединялись с CFD-моделью распределения водяных паров по объему пилотного лиофилизатора. Экспериментальные исследования

выполнены на пилотной установке Labconco при минимальном давлении 5–10 Па и температуре конденсатора 188 К (рисунок 1.1.6 и 1.1.7).

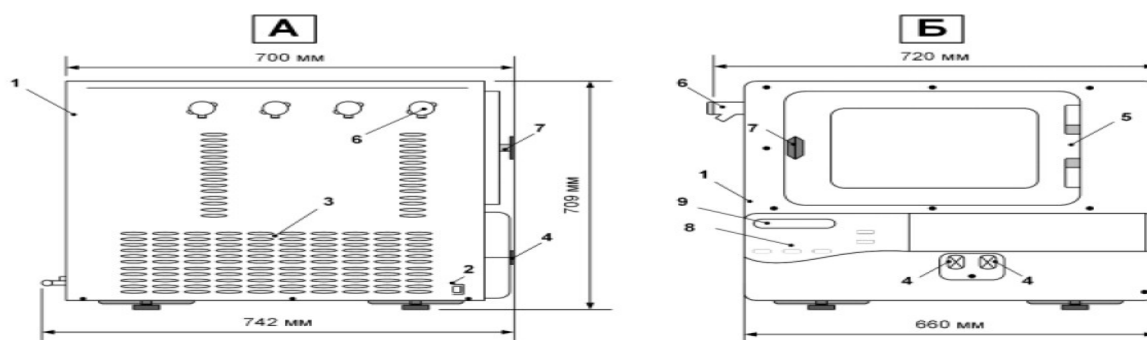


Рисунок 1.1.6 – а) Схема установки Labconco, вид сбоку: 1 – корпус установки, 2 – кнопка питания, 3 – область конденсатора водяных паров, 4 – вакуумный клапан; б) вид спереди: 5 – дверца рабочей камеры, 6 – вентиляционное отверстие, 7 – ручка дверцы, 8 – панель управления, 9 – дисплей

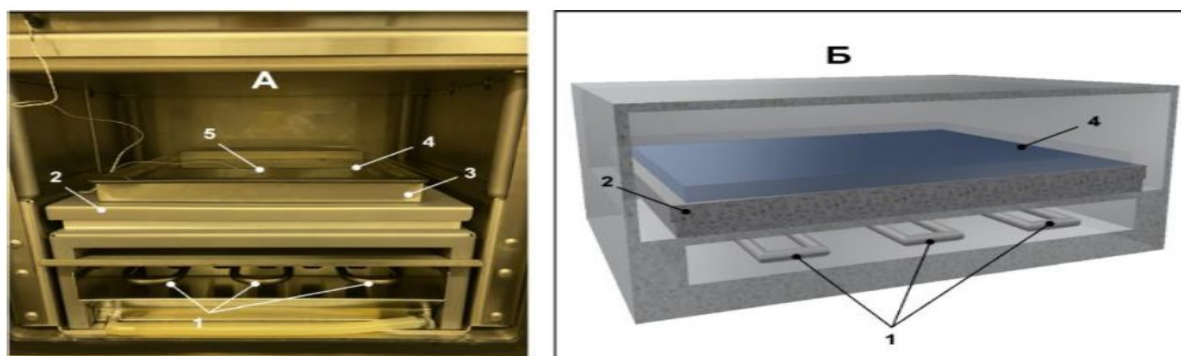


Рисунок 1.1.7 – а) Внутреннее устройство рабочей камеры установки Labconco: 1 – змеевик конденсатора водяных паров, 2 – нагревательная полка, 3 – поддон, 4 – образец, 5 – датчик температуры; б) 3D-геометрия установки в разрезе

Ключевыми недостатками исследования являются: ограниченность валидации – модель верифицирована только на одном типе оборудования (Labconco); упрощение теплофизических свойств; ограниченность кинетической модели.

Кроме того, значительное число работ посвящено специфике сублимации различных видов продукции, в том числе мяса, рыбы, овощей, фруктов, зелени, молочной продукции и др. [10,33,34,37,40,65,69,90,96].

Рассмотрев перспективы использования технологий ИИ для повышения качества продукции пищевой промышленности, а также технологии сублимации продукции, систематизируем основные недостатки данных исследований (таблица 1.1.1).

Таблица 1.1.1 – Анализ научных исследований по интеграции методов искусственного интеллекта в задачи управления качеством процессов и продукции сублимации (составлено автором)

Направление исследования	Авторы	Ключевые слова	Недостатки
Обзор использования механизмов ИИ в пищевой промышленности на примере крупных предприятий	Мамаражабова Б. А., Шингисов А. У., Гамарник И. А. и др.	ИИ, нейросети, машинное обучение, пищевые системы, пищевая промышленность	работа носит концептуальный, а не прикладной характер, отсутствуют анализ статистических данных, технические характеристики технологий и оценка их эффективности
Обзор современных решений и перспектив развития применения технологий ИИ в пищевой промышленности	Захаров Г. С., Тимофеева И. А., Буханцева С. Н.	ИИ, пищевая промышленность, машинное обучение, компьютерное зрение, оптимизация производственных процессов, контроль качества, прогнозирование спроса, цифровая трансформация, Индустрия 4.0, управление цепочками поставок	статья носит обзорный характер, авторы делают выводы на основании теоретических, избегая качественных и количественных характеристик технологий ИИ для разных областей применения
Теоретическое обоснование необходимости совершенствования механизма реализации системы менеджмента качества пищевой промышленности России	Подашев Д.Б. и Фролова Н.А.	качество, контроль, безопасность, пищевые продукты, управление качеством, производство, прослеживаемость	преимущественно теоретический характер, избыточный обзорный материал, отсутствие инструментов государственного регулирования данного вопроса, не раскрыты риски, ограничения, возможности использования ИИ для решения поставленных задач
Моделирование интеграций технологий ИИ для оценки качества овощей на предприятиях пищевой	Аббазова В. Н. и Карх Д. А.	модель; искусственный интеллект; оценка качества; тыква свежая; пищевая промышленность	небольшой объем обучающей выборки (200 изображений), низкая точность классификации и

Направление исследования	Авторы	Ключевые слова	Недостатки
промышленности и торговли			размытость критериев классификации, отсутствие данных о тестировании в реальных условиях.
Обзор современного уровня применения российских цифровых систем управления качеством (CAQ — Computer Aided Quality) на основе ИИ с акцентом на пищевую отрасль.	Метревели И. С.	управление качеством, компьютеризированное управление качеством, цифровые технологии управления качеством, ИИ, пищевая промышленность	поверхностный анализ реестра ПО; отсутствие критической оценки барьеров для внедрения ИИ; устаревшая база для терминов (использование ГОСТ 15467–79 (1979 года))
Интеллектуальные системы поддержки принятия решений на основе ИИ в персонализированном питании и нутрициологии на основе анализа состава продуктов исследованы в статье	Тунян Э. Г., Сазиков Р. С., Харламов С. А.	индивидуализированное питание, интеллектуальные системы поддержки принятия решений, персонализированная диета, искусственный интеллект, машинное обучение, большие данные в питании, анализ состава пищевых продуктов, пищевые добавки	слабая структурированность и логическая фрагментарность; отсутствие количественной оценки данных; нечеткое разделение клинической и технической валидации результатов; недостаточное внимание к вопросам этики и регуляtorики
Технологии применения ИИ в пищевой промышленности	Каповский Б. Р., Пляшешник П. И., Стефанова В. А.	Искусственный интеллект, пищевая промышленность, робот, теория управления.	отсутствие четкости и научного изложения материала; поверхностное освещение технологий ИИ; акцент на роботизацию; отсутствие примеров из отечественной практики
Изучение возможностей применения ИИ в пищевой промышленности, а также применение «электронных сенсорных» устройств, оснащенных ИИ, для обеспечения качества пищевой продукции	Тимчук Е. Г.	ИИ, качество и безопасность, электронная сенсорика, пищевая промышленность	отсутствуют технические, количественные и экономические параметры технологий ИИ
Совершенствование методов математического моделирования процесса сублимации и оптимизация режимов лиофилизации, с целью расчета тепло- и массообменных процессов во время удаления 90 % всей влаги	Блынская Е. В., Тишков С. В., Алексеев К. В., Минаев С. В.	первичная сублимация, технология лиофилизации, математическое моделирование первичной сублимации, мономерная нестационарная модель состояния	результаты работы не отражают технологические характеристики процесса — оптимальные режимы работы, графики и др., что делают математическую модель непригодной для оперативного управления производством, требуя создания упрощенных (редуцированных) моделей
Раскрыты современные методы бланширования и их влияние на процесс сушки фруктов и овощей, дано	Бурак Л.Ч.	овощи, фрукты, бланширование, пастеризация, сушка, омический нагрев, высокое	отсутствует оценка экономической эффективности и данных по промышленному

Направление исследования	Авторы	Ключевые слова	Недостатки
обоснование их преимуществ и недостатков		гидростатическое давление, импульсное электрическое поле, холодная плазма, пищевая ценность	масштабированию, что ограничивает возможности практического применения данного метода
Изучение закономерностей изменения показателей качества фруктов после лиофильной сушки	Причко Т. Г. и Дрофичева Н. В.	лиофильная сушка, фрукты, показатели качества, витамины, биоло-гически активные вещества	отсутствует статистическая обработка данных, нехватка полноты описания методов экспериментов, ограниченность выбора сортов овощей, отсутствие анализа экономической эффективности лиофилизации овощей
Исследование показателей качества экстрактов и сублиматов в виде порошков, полученных при безотходной технологии переработки овощей и фруктов	Васюкова А.Т. и соавторы	инновационные технологии, экстракты, порошки, витамины, пищевые смеси, сублимированные и экстрагированные продукты	терминологическая путаница, отсутствие статистических показателей, неполное описание методов, недостаточность обоснования с безотходностью применяемой технологии
Исследование направлено разработку и валидацию математической модели вакуумной сублимационной сушки для трансфера технологий с лабораторного уровня на промышленный	Мохова Е.К., Гордиенко М.Г., Меньшутина Н.В., Карманова О.В.	интенсификация, кинетика сушки, математическое моделирование, дисперсные полимерные материалы, готовые лекарственные формы.	ограниченность валидации – модель верифицирована только на одном типе оборудования (Labconco); упрощение теплофизических свойств; ограниченность кинетической модели

Анализ научных исследований по интеграции методов искусственного интеллекта в задачи управления качеством процессов и продукции сублимации показал, что данная тематика является популярной среди отечественных публикаций, однако большинство из них носят обзорный характер, характеризуются поверхностным освещением технологий, отсутствуют их качественное и количественное описание, что обуславливает необходимость более глубокой проработки данной тематики.

1.2 Анализ базы стандартов, регламентирующих организацию производства и требования к качеству сублимированной молочной продукции

В настоящее время не разработан единый специализированный межгосударственный стандарт (ГОСТ) непосредственно на сублимированные продукты (фрукты, овощи, мясо, творог, готовые блюда). Производство регулируется общими техническими условиями или стандартами на полуфабрикаты.

Рассмотрим стандарты ГОСТ, распространяющиеся на следующую сублимированную пищевую продукцию: говядина сублимационной сушки; мясо цыплят-бройлеров сублимационной сушки; мясо сублимационной сушки для детского питания; грибы сушеные (рисунок 1.2.1).

ГОСТ 32738-2014 Говядина сублимационной сушки. Технические условия. Распространяется на сухой мясной продукт – говядину сублимационной сушки ломтиками и в виде фарша, предназначенный для употребления в пищу после восстановления и доведения до кулинарной готовности.

ГОСТ 32739-2014 Мясо цыплят-бройлеров сублимационной сушки. Распространяется на сухой продукт из мяса птицы – мясо цыплят-бройлеров сублимационной сушки, предназначенное для употребления в пищу после восстановления и доведения до кулинарной готовности.

ГОСТ 32914-2014 Мясо сублимационной сушки для детского питания. Технические условия. Распространяется на сухой мясной продукт – мясо сублимационной сушки, предназначенное для производства продуктов детского питания, включая ранний возраст.

ГОСТ 33318-2015 Грибы сушеные. Технические условия. Распространяется на сушеные грибы, представляющие собой очищенные и нарезанные кусочками, пластинками либо целые свежие грибы, высушенные способом сублимационной или тепловой сушки для дальнейшей кулинарной обработки, предназначенные для реализации в розничной торговле, использования в сети общественного питания и в качестве полуфабрикатов для промышленной переработки.

Рисунок 1.2.1 – ГОСТ, распространяющиеся на сублимированную продукцию [23,24,25,26]

Данные стандарты содержат сведения о стандарте, область применения, нормативные ссылки, термины и определения, классификацию, технические требования к сырью, упаковке, маркировке, правила приемки, методы контроля, транспортировку и хранение.

В качестве органолептических и физико-химических показателей рассматриваются – внешний вид, цвет, запах (восстановленного продукта), доля белка, жира, сухих веществ, хлоридов, минеральных примесей, растительных примесей, посторонних примесей, сырья с дефектами и др.

Рассмотрим сущность и недостатки ГОСТ, распространяющихся на сублимированную продукцию.

1. ГОСТ 32738-2014 Говядина сублимационной сушки [23].

Сущность заключается в получении мяса сублимационной сушки путем удаления влаги из замороженного продукта, что позволяет: сохранить исходную структуру, питательные вещества и вкусовые качества продукта; удалить более 97% влаги; обеспечить легкость и длительный срок хранения (таблица 1.2.1).

Таблица 1.2.1 – Требования к органолептическим и физико-химическим показателям говядины сублимационной сушки [23]

Наименование показателя	Характеристика и значение показателя	
	говяжьего фарша сублимационной сушки	говядины сублимационной сушки ломтиками
Внешний вид	Сухой мясной Фаски	Сухое мясо ломтиками
Цвет	От розовато-кремового до серо-коричневого	
Запах (восстановленного продукта)	Свойственный доброкачественному продукту	
Доля белка, % (не менее)	22.0	20.0
Доля жира, % (не более)	18.0	12.0
Доля сухих веществ, % (не менее)	97	97
Доля хлоридов, % (не более)	1.0	

Основные требования к продукту (таблица 1.2.1) [23]:

- в качестве сырья использовать только охлажденную говядину первой категории от молодых животных, жилованное мясо с минимальным содержанием соединительной ткани (не более 6% для фарша);
- физико-химическими требованиями к говядине сублимационной сушки являются содержание не менее 20% белка, не более 18% жира и не более 1% хлоридов;
- для защиты говядины сублимационной сушки требуется герметичная упаковка (в газе – азот, в металлические банки или многослойные пленки с фольгой);
- для обеспечения безопасности необходимо организовать контроль по микробиологии, токсичным элементам, антибиотикам, пестицидам, радионуклидам (рисунок 1.2.2).

говядина первой категории от молодых животных, охлажденная по ГОСТ 779, ГОСТ 31797 и полученная при ее разделке	говядина жилованная без видимых включений соединительной и жировой тканей – для производства говядины сублимационной сушки ломтиками	говядина жилованная с массовой долей соединительной и жировой ткани не более 6 % - для производства фарша говяжьего сублимационной сушки
перец черный, молотый по ГОСТ 29050	соль поваренная пищевая выварочная или молотая помолов № 0,1 и 2 не ниже первого сорта по ГОСТ 13830	сахар-песок по ГОСТ 31895

Рисунок 1.2.2 – Сырье, используемое для выработки говядины сублимационной сушки [23]

В качестве недостатков ГОСТ 32738–2014 Говядина сублимационной сушки можно определить следующие:

- ссылки на устаревшие стандарты (например, ГОСТ 779–55 на мясо-говядину можно было бы заменить на ГОСТ Р 54315–2011; ГОСТ 13830–97 на

соль заменить на ГОСТ Р 51574–2000; ГОСТ 13513–86 на ящики из картона заменить на ГОСТ Р 54463–2011);

- жесткие требования предписывают использование упаковки только в среде газообразного азота в многослойные пленки с алюминиевой фольгой или в металлические банки, что значительно увеличивает себестоимость продукции и игнорирует современные альтернативные виды упаковки;

- отсутствие конкретных требований и цифр по микробиологическим показателям, даются отсылки на СанПиН или ТР ТС, следовательно, данный ГОСТ не дает полной информации о безопасности;

- высокое содержание доли жира до 18 % не позволяет позиционировать продукт в качестве здорового питания;

- рекомендательный характер сроков годности размывает ответственность, позволяя устанавливать срок годности, не проводя реальных лабораторных исследований;

- отсутствие требований к восстановлению продукции (время, температура, консистенция, форма и т.д.).

Таким образом, ГОСТу 32738–2014 характерны следующие недостатки – технологический консерватизм, юридическая неаккуратность, отсутствие потребительских тестов.

2. ГОСТ 32739–2014 Мясо цыплят-бройлеров сублимационной сушки. Технические условия [24].

Данный стандарт описывает требования сухому продукту из мяса птицы (мяса цыплят-бройлеров) сублимационной сушки, предназначенное для употребления в пищу после восстановления и доведения до кулинарной готовности.

Продуктом является не «сушеное мясо» в классическом понимании (вяленое или горячей сушки), а высокотехнологичный концентрат, представляющий собой порошок из куриного мяса (бедрца, грудка без кожи). В качестве цели данного стандарта определено получение продукта с

минимальной влажностью (не более 4%), восстанавливающий свойства после добавления воды (пастообразная консистенция, вкус бульона).

Данная технология позволит увеличить хранение продукта (до двух лет при 25°C), с целью обеспечения возможности использования в походах, туризме, военном обеспечении, МЧС, а также как ингредиент для быстрого питания (супы, каши). Технология предписывает применение герметичной упаковки с газообразным азотом (для предотвращения окисления жира), с использованием алюминиевой фольги.

В качестве сырья рекомендуется использовать только чистое мясо цыплят-бройлеров без костей, кожи, субпродуктов, с содержанием белка не менее 55% и жира не более 40% (рисунок 1.2.3).

Внешний вид – порошкообразный, однородный продукт без посторонних примесей, комочки легко разрушаются при надавливании пальцем)
Цвет – от розовато-кремового до серо-коричневого
Аромат бульона – свойственный бульону из мяса кур
Запах (восстановленного продукта) – свойственный доброкачественному продукту без постороннего запаха
Консистенция восстановленного продукта – мягкая, пастообразная
Массовая доля сухого вещества, % (не менее 96%)
Массовая доля жира, % (не более 40%)
Массовая доля белка, % (не менее 55%)

Рисунок 1.2.3 – Требования к органолептическим и физико-химическим показателям мяса цыплят-бройлеров сублимационной сушки [24]

ГОСТ 32739–2014 на сублимированное мясо цыплят-бройлеров имеет в целом те же самые недостатки, что и ГОСТ 32738–2014 на сублимированную говядину, в том числе [24]:

- устаревшая нормативная база;

- субъективный и слишком широкий диапазон цвета, который допускает цвет от «розовато-кремового» до «серо-коричневого», который в свою очередь ассоциируется с окисленным, испорченным или перегретым продуктом; высокая жирность при заявленной «диетичности» (заявленное содержание белка 55 г, жира 40 г при калорийности 580 ккал на 100 г);

- размытые требования к микробиологии и безопасности;

- органолептика «восстановленного продукта» требует, чтобы консистенция после восстановления была «мягкая, пастообразная». Следовательно, в результате сублимации получается мясное пюре, а не структурированное мясо, что не соответствует ожиданию потребителя;

- нелогичность сроков хранения, например срок хранения при девакуумации азотом не более 24 месяцев, при девакуумации воздухом не более 12 месяцев», при этом наличие воздуха (кислорода) в упаковке с жирным продуктом (40% жира) гарантирует прогоркание.

Таким образом, ГОСТ 32739–2014 «Мясо цыплят-бройлеров сублимационной сушки» дает ссылки на устаревшую базу, допускает неаппетитный серый-коричневый цвет, высокую калорийность, предполагает получение пасты вместо мяса и требует изучения дополнительной нормативной базы для понимания норм безопасности.

3. ГОСТ 32914–2014 Мясо сублимационной сушки для детского питания. Технические условия. [25].

Стандарт описывает требования к сухому мясному продукту, полученному методом сублимационной сушки. Продукт предназначен для производства детского питания, не является готовым блюдом. В качестве сырья рекомендуется говядина, мясо кролика, цыпленка, индейки.

В качестве сырья использовать только мясо молодых и здоровых животных, выращенных без стимуляторов роста, гормонов, кормовых антибиотиков. Сырье должно соответствовать особым нормам для детского питания (таблица 1.2.2).

Таблица 1.2.2 – Требования к органолептическим и физико-химическим показателям говядины сублимационной сушки [25]

Наименование показателя	Характеристика и значение показателя			
	говядина	кролик	цыпленок	индейка
Внешний вид	Сухой порошкообразный продукт. Допускается наличие комочков, которые при легком механическом воздействии рассыпаются. В восстановленном виде – однородная тонкоизмельченная масса			
Цвет	От розовато-кремового до серо-коричневого			
Запах (восстановленного продукта)	Свойственные вареной говядине, без посторонних привкуса и запаха	Свойственные вареному мясу кролика	Свойственные вареному мясу цыплят	Свойственные вареному мясу индейки
Консистенция (восстановленного продукта)	Мягкая, пастообразная			
Доля влаги, % (не более)	8.0			
Доля белка, % (не менее)	35			
Доля жира, % (не более)	30			
Доля хлоридов, % (не более)	1.6/0.4			
Доля золы, % (не более)	4.5			

Анализ ГОСТ 32914–2014 «Мясо сублимационной сушки для детского питания» позволил выявить следующие недостатки [25]:

- потеря питательных веществ и органолептики в связи с тем, что сублимация предполагает длительный цикл обработки (заморозка, вакуумирование, сушка) это приводит к денатурации части белков и изменению аминокислотного профиля; окислению липидов (жиров) при контакте с остаточным кислородом, потере ароматических веществ, формирующих вкус мяса;
- содержание жира до 30 % является высоким для детского питания;
- высокое содержание золы до 4,5 %;

- риски при восстановлении, поскольку продукт требует точного соблюдения гидромодуля, небольшие колебания могут привести либо к слишком густой, либо к водянистой пасте;
- сложность и высокая стоимость контроля требует дорогостоящего оборудования, что повышает себестоимость и недоступно для малых производств.
- проблемы идентификации различных видов мяса по вкусу и запаху (кролика, говядины, индейки, цыпленка) (рисунок 1.2.4).

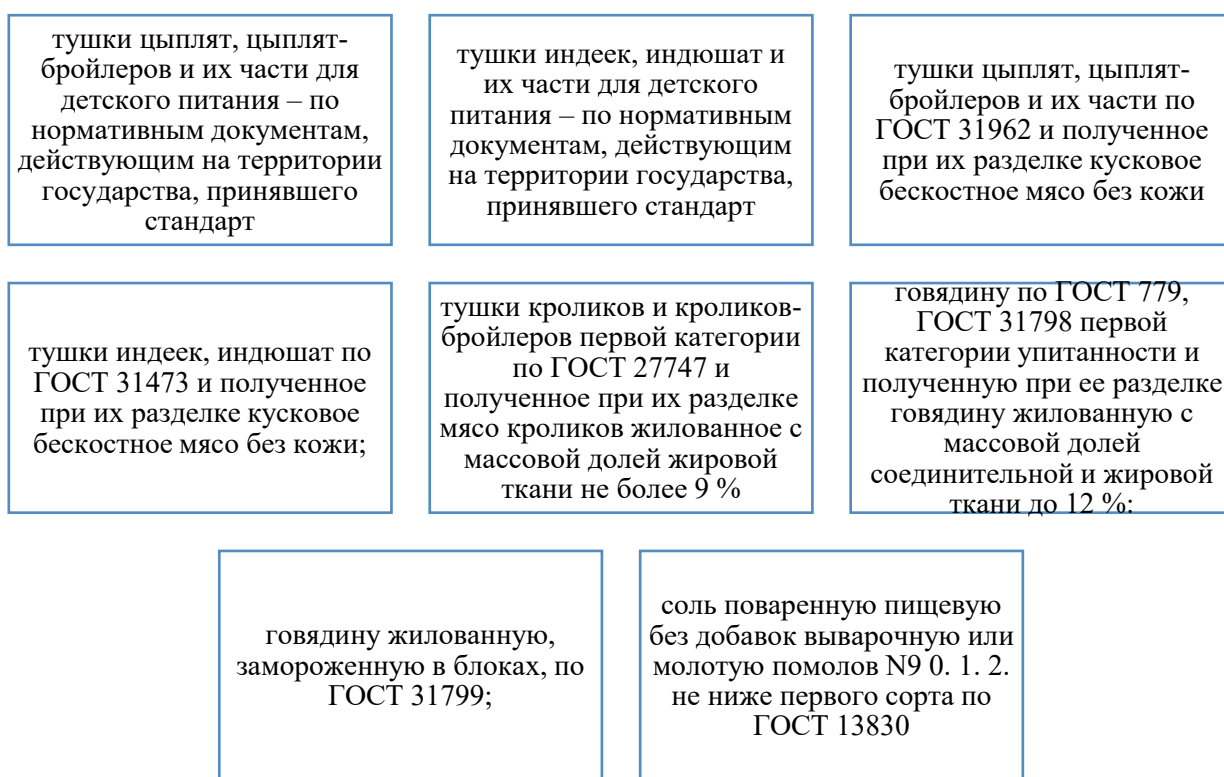


Рисунок 1.2.4 – Требования к сырью для выработки мяса [25]

Таким образом, основными недостатками ГОСТ 32914–2014 «Мясо сублимационной сушки для детского питания» являются небольшие отклонения в жирности сырья, условиях хранения, а также высокая стоимость продукта и короткие сроки хранения делают его экономически невыгодным для небольших предприятий.

4. ГОСТ 33318–2015 Грибы сушеные. Технические условия. [26].

ГОСТ 33318–2015 распространяется на сушеные или свежие грибы, высушенные сублимационным способом. Стандарт предлагает классификацию и характерные признаки свежих грибов, которые можно сушить (белые, лисички, маслята, подберезовики, сморчки, шиитаки и др.).

Требования к качеству [26]:

- внешний вид (целые/кусочки толщиной 8–10 мм), консистенция (эластичная или хрупкая), цвет, отсутствие посторонних вкусов и запахов;
- жесткие нормы по влажности (не более 13% для тепловой сушки и 5% для сублимационной), полное отсутствие минеральных, растительных и прочих примесей, а также дефектных (горелых, червивых, сырых) грибов;
- упаковка должна включать обязательную герметичность для сублимированных грибов и специальные манипуляционные знаки («Хрупкое»);
- необходимы отсылочные нормы на соответствие техническим регламентам Таможенного союза (ТР ТС 021/2011 о безопасности пищи, ТР ТС 005/2011 об упаковке и др.) по микробиологии, токсичным элементам, пестицидам и радионуклидам.

Недостатки стандарта [26]:

- устаревшие трудоемкие методы испытаний, не соответствующие современному уровню лабораторий – ссылки на ГОСТы 80-х и 90-х годов (например, ГОСТ 13340.1–77, ГОСТ 26927–86);
- избыточная детализация, например толщина кусочков «8-10 мм» повлекут дополнительные сложности в производственном процессе;
- сложность идентификации видов грибов в сушеном виде – Приложение А описывает признаки свежих грибов, но после сушки, определить их вид практически невозможно;
- отсутствие норм по восстановлению (развариваемости);
- нелогичная пищевая ценность, например, завышенное содержание углеводов с сублимированных грибах.

Подводя итог, необходимо отметить, что ГОСТ 33318–2015 «Грибы сушеные» имеет некоторые недостатки, в том числе устаревшие методы испытаний, излишняя жесткость по второстепенным параметрам, спорные данные по пищевой ценности. ГОСТ 33318–2015 больше ориентирован на проверяющие органы, чем на производителей и потребителей данной продукции.

Рассмотрев содержание и недостатки ГОСТов, направленных на регулирование производства сублимированной продукции, сформулируем их общие недостатки. характерны следующие недостатки (рисунок 1.2.5):

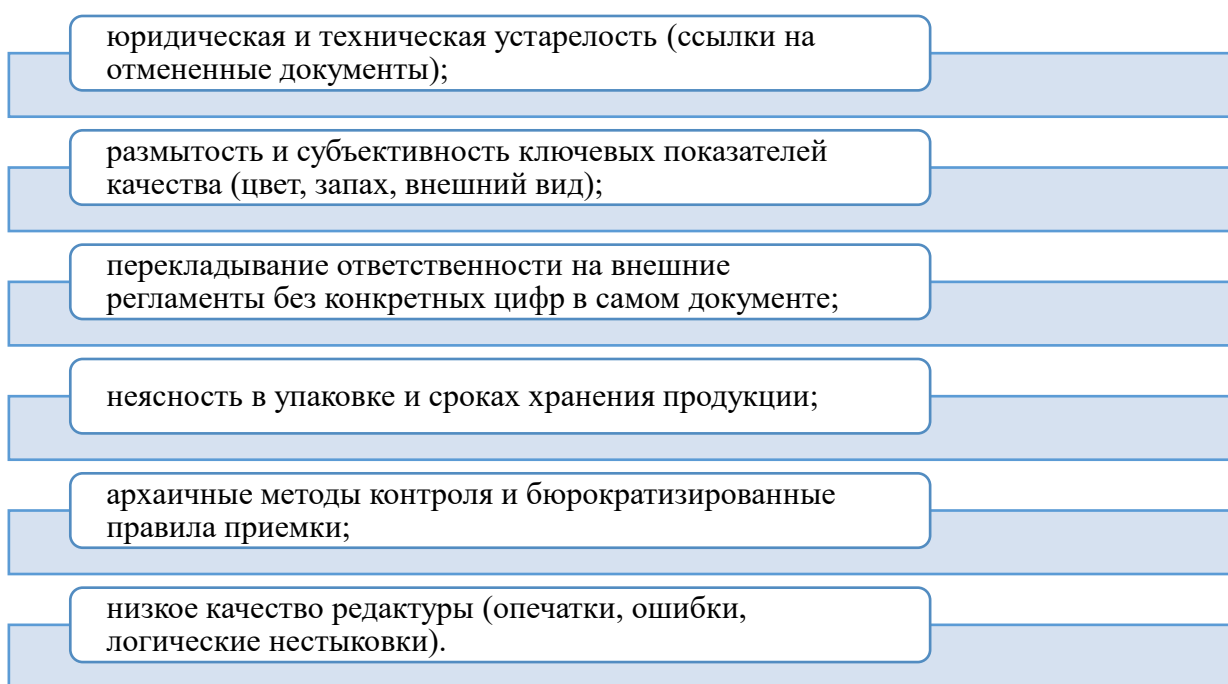


Рисунок 1.2.5 – Общие недостатки, характерные ГОСТам 33318–2015 «Грибы сушеные», «Мясо сублимационной сушки для детского питания», «Мясо цыплят-бройлеров сублимационной сушки», «Говядина сублимационной сушки» (обобщено автором)

Данные стандарты характерны для переходного периода 2014–2015 гг., в это время проводилась адаптация советской системы к новым техрегламентам Таможенного союза, однако, переход проведен формально, без глубокой проработки.

Анализ регламентирующей базы по организации производства и требованиям к качеству сублимированной молочной продукции показал, что единый межгосударственный стандарт (ГОСТ) в настоящий момент отсутствует. Имеются разрозненные санитарные требования и единичные технические условия (ТУ) на определенные продукты, однако необходима разработка ГОСТа, закрепляющего требования к технологии производства, качеству продукта, упаковке, хранению, транспортировке, методам контроля и органолептическим показателям для всей категории (таблица 1.2.3).

Таблица 1.2.3 – Характеристика нормативной базы и ее недостатки (обобщено автором)

Направление (группа стандартов)	Наименование документов	Область регулирования	Недостатки
Технические регламенты Таможенного союза	ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции»; ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»	Общие требования безопасности, идентификация, маркировка, процессы производства, обязательная оценка соответствия (декларирование)	Отсутствие спецификации. Регламенты устанавливают общие рамочные требования для всей молочной продукции. Нет специальных статей, учитывающих особенности технологии сублимационной сушки, специфические риски, требования к восстановлению продукта.
Санитарные правила (СанПиН)	СанПиН 2.3.2.1078-01, п. 3.3.6 «Сублимированные продукты»	Детальные показатели безопасности (токсичные элементы, микотоксины, антибиотики, радионуклиды), микробиологические нормативы (БГКП, патогены, плесени), требования к пищевой ценности (белки, жиры, углеводы,	Документ морально устарел. СанПиН 2.3.2.1078-01 не является актом прямого действия для сертификации (в отличие от ТР ТС). Нормативы по перекисному числу (4,0 ммоль/кг жира) могут быть недостаточно жесткими для продуктов с длительным сроком хранения (до 24 месяцев), так как не

Направление (группа стандартов)	Наименование документов	Область регулируемая	Недостатки
		витамины) и кислотности восстановленного продукта.	учитывают накопление вторичных продуктов окисления.
Национальные стандарты (ГОСТ)	Отсутствуют	-	Нет ГОСТ Р или межгосударственного ГОСТа на «Молоко сублимированное» или «Продукты молочные сублимированные»
Технические условия (ТУ)	ТУ 10.51.59-001-... (пример: на «Молоко сублимированное» от 30.04.2025)	Конкретные показатели для продукта конкретного производителя: массовая доля жира, сроки годности, технологическая инструкция, рецептуры.	Разобращенность и отсутствие унификации. Каждый производитель разрабатывает свои ТУ, что приводит к разным требованиям к аналогичной продукции. Отсутствие ГОСТа вынуждает производителей нести дополнительные расходы на разработку, экспертизу и регистрацию ТУ. Сложно обеспечить сопоставимость качества продукции разных марок.
Ведомственные письма и отраслевые разработки	Письмо Минсельхоза РФ № 21-Л-3021/ОГ (2017)	Содержит информацию о промышленном внедрении технологии сухих молочных продуктов с использованием сублимационной сушки.	Документ носит информационный, а не нормативный характер. Не устанавливает обязательных требований. Отражает факт признания технологии на уровне ведомства 8 лет назад, но до сих пор не приведший к разработке ГОСТа.

Анализ базы стандартов, регламентирующих организацию производства и требования к качеству сублимированной молочной продукции, показал, что

отечественным предприятиям требуется совершенствование нормативной базы в данной области по следующим ключевым направлениям.

1. Создать национальный стандарт (ГОСТ) на сублимированную молочную продукцию. Например, для традиционных сухих молочных продуктов (сухое молоко, сливки) существует несколько ГОСТов. Отсутствие ГОСТ на сублимированную молочную продукцию вынуждает производителей разрабатывать собственные ТУ, что влечет увеличение издержек на производство (разработка, регистрация, экспертиза ТУ), создает барьеры для выхода на рынок, не позволяет унифицировать требования к качеству на уровне отрасли.

2. Обновить санитарную базу и устранить нестыковки с ТР ТС. Несмотря на то, что СанПиН 2.3.2.1078-01 содержит детальные показатели для сублимированных продуктов, этот документ формально действует в части, не противоречащей техническим регламентам. Однако, норматив по перекисному числу не в полной мере отражает глубину окисления жира; СанПиН ссылается на старые методики и ГОСТы 1980-90-х годов [89].

3. Устранить процедурные сложности подтверждения соответствия (декларирования) по ТР ТС 033/2013. Поскольку сублимированная продукция, не подпадает под упрощенные схемы для традиционной молочной продукции, то для нее требуются испытания только в аккредитованной или собственной лаборатории заявителя [105].

4. Разработать технологическую инструкцию (ТИ) на уровне стандарта. Технология сублимационной сушки молочных продуктов имеет специфические параметры: скорость замораживания, режимы сублимации и досушивания, остаточная влажность, пористость структуры. В существующих ТУ на конкретные продукты эти параметры прописаны, но требуется разработка унифицированного отраслевого документа.

5. Предложить классификацию в ТР ТС 033/2013, поскольку в нем сублимированные продукты не выделены в отдельную категорию с особыми требованиями, где они рассматриваются как «сухие молочные продукты»,

хотя данная технология принципиально отличается от традиционных видов сушки, что влияет на свойства, транспортировку, хранение продукции [105] (рисунок 1.2.6).



Рисунок 1.2.6 – Рекомендации по совершенствованию нормативной базы и ожидаемые результаты

Таким образом, в параграфе проанализирована база стандартов, регламентирующих организацию производства и требования к качеству сублимированной молочной продукции, приведена характеристика нормативной базы и ее недостатки, предложены рекомендации по ее совершенствованию и оценены ожидаемые результаты.

1.3 Анализ соответствия сублимированной молочной продукции российских производителей требуемым параметрам качества и систематизация проблем

Согласно требованиям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 033/2013 «О безопасности молока и молочной продукции» – «продукт переработки молока сублимированный» – продукт переработки молока, произведенный путем удаления воды из замороженного продукта переработки молока до достижения массовой доли сухих веществ не менее 95 процентов» [99]. Анализ отечественного рынка сублимированной молочной продукции насчитывает огромное разнообразие продуктов данного вида сметана, простокваша, масло, творог, молочные напитки, мороженое, кефир, сыр и др. Особенностью данного типа продуктов является улучшенная хранимость: «Сублимированные сушка удаляет из продукта большую часть влаги, что приводит к образованию сухого порошка, имеющего длительный срок годности: при соблюдении условий хранения срок годности цельного молока может составлять до восьми месяцев, сублимированного – до трех лет» [72]. Основными торговыми марками производителей данной категории продуктов являются «Гала-гала» (ООО «Галактика Инк»), «Sublimfood» (ИП Смирнова В.С.), «Кронидов» (ООО «МПК Кронидов»), «Натива Кондитер» (ИП Чуриков С.А.) и др. Исследование отечественного рынка сублимированных молочных продуктов демонстрирует достаточно малую представленность данной категории продуктов в виду ее высокой стоимости и специфики применения (специальные условия питания).

Производство сублимированных молочных продуктов предполагает включение специфического этапа производственной обработки – сублимационной сушки. «Вакуумная сублимационная сушка предполагает два этапа: этап предварительного замораживания растительного сырья и последующую сублимационную сушку. В свою очередь, сублимационная сушка также состоит из двух стадий. На первом этапе основная часть вымерзшей влаги удаляется фазовым переходом «лед-пар», оставшаяся

физически связанная влага удаляется испарением на этапе досушки» [48]. Особенностью такого метода обработки является сохранение молекулярной структуры продукта, когда исходное состояние продукта возвращается при его обводнении, в то же время «степень сохранности полезных компонентов, и в первую очередь, антиоксидантных веществ, зависит от температуры, при которой происходит фазовый переход «лед-пар». Однако более низкая температура фазового перехода приводит как к увеличению продолжительности цикла сушки, так и к увеличению общих энергозатрат на процесс обезвоживания» [48, с.62].

Для определения комплекса параметров качества продукции систематизируем структуру технологического процесса производства сублимированной молочной продукции (рисунок 1.3.1).

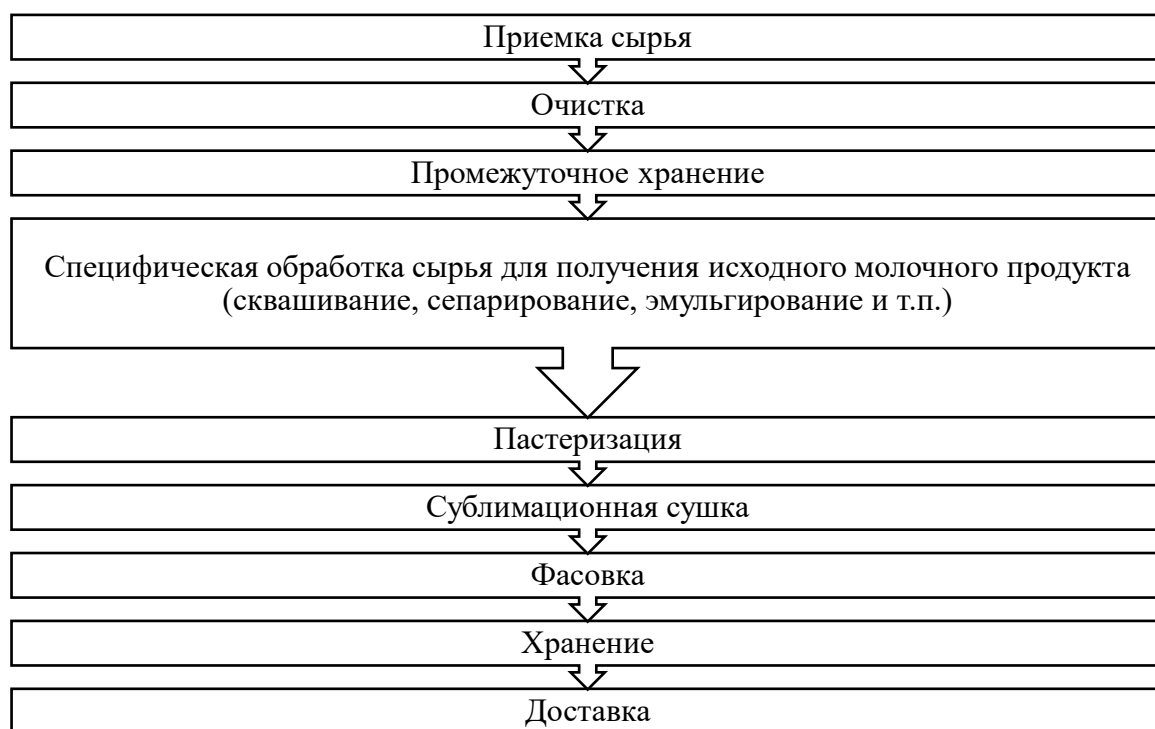


Рисунок 1.3.1 – Схема технологического процесса производства сублимированной молочной продукции (составлено автором на основе [42])

«Основными этапами технологического процесса являются подготовка сырья, его пастеризация или ультрапастеризация, удаление влаги с помощью

распылительной сушки или других методов, а также упаковка готового продукта» [41, с.187]. На схеме отображены этапы, единые для всех видов сублимированной молочной продукции, в структуре отмечены специфические этапы, которые отличаются для различных видов молочной продукции. Таким образом, едиными для процесса производства сублимированной молочной продукции являются начальные этапы (получение и подготовка сырья), а также заключительные этапы, специфические для сублимированных продуктов (сублимационная сушка, фасовка, хранение и доставка).

Важнейшими параметрами, которые необходимо учитывать на всех этапах производства, являются содержание жира, белка, витаминов и минералов, а также органолептические характеристики [41, с.187]. В своей работе [39] Ивкова И.А. отмечает, что «значительное влияние на формирование качества сухих молочных консервов имеют массовая доля жира в проектируемых продуктах и процесс гомогенизации смеси, для молокосодержащих продуктов – еще и параметры эмульгирования молочно-растительной смеси» [39, с.5].

Значимую сложность в определении параметров качества составляет тот факт, что отсутствуют специализированные стандарты качества для сублимированных молочных продуктов. В Техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) определены «требования безопасности к молоку и молочной продукции, выпускаемым в обращение на таможенной территории Союза, к процессам их производства, хранения, перевозки, реализации и утилизации, а также требования к маркировке и упаковке молока и молочной продукции [100]» для ряда категорий молочной продукции, в том числе для [99]: «продукт переработки молока сублимированный - продукт переработки молока, произведенный путем удаления воды из замороженного продукта переработки молока до достижения массовой доли сухих веществ не менее 95 процентов».

Согласно Техническому регламенту Таможенного союза ТР ТС 021/2011 «О безопасности пищевой продукции»: «показатели безопасности (кроме

микробиологических) обезвоженной пищевой продукции рассчитываются в пересчете на исходное продовольственное (пищевое) сырье с учетом содержания сухих веществ в нем и в обезвоженной пищевой продукции, если иное не установлено техническими регламентами Таможенного союза на отдельные виды пищевой продукции» [100]. В документе для сублимированных молочных продуктов определены следующие группы требований безопасности: микробиологические нормативы безопасности (патогенные) (таблица 1.3.1), допустимые уровни токсичных элементов в составе (таблица 1.3.2), допустимые уровни радионуклидов цезия-137 и стронция-90 (таблица 1.3.3).

Таблица 1.3.1 – Микробиологические нормативы безопасности (патогенные) [100]

Показатель	Масса продукта (г), в которой не допускается
Патогенные микроорганизмы, в т.ч. сальмонеллы	50

Таблица 1.3.2 – Допустимые уровни токсичных элементов в составе [100]

Наименование токсичного элемента	Допустимые уровни, мг/кг, не более (в пересчете на восстановленный продукт)
Свинец	0,1
Мышьяк	0,05
Кадмий	0,03
Ртуть	0,005
Пестицид ГХЦГ (α, β, γ -изомеры)	1,25 (в пересчете на жир)
Пестицид ДДТ и его метаболиты	1,0 (в пересчете на жир)
Микотоксин афлатоксин М ₁	0,0005
Диоксины	0,000003 (в пересчете на жир)
Меламин	не допускается (<1,0 мг/кг)

Таблица 1.3.3 – Допустимые уровни радионуклидов цезия-137 и стронция-90 [100]

Наименование пищевой группы	Удельная активность цезия-137, Бк/кг(л)	Удельная активность стронция-90, Бк/кг(л)
-----------------------------	---	---

Продукты переработки молока сухие, сублимированные	500	200
--	-----	-----

Качество сухого молокосодержащего продукта зависит не только от технологии его производства, но и от исходного сырья [41, с.187]. В связи с этим к параметрам качества сублимированных молочных продуктов следует относить параметры качества исходного молочного сырья. В Техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) определены следующие требования к качеству сырья для молочной продукции:

«Для производства продуктов переработки молока не допускается использование сырого молока, полученного в течение первых 7 дней после дня отела животных, в течение 5 дней до дня их запуска (перед отелом), от больных животных и находящихся на карантине животных.

Массовая доля сухих обезжиренных веществ в коровьем сыром молоке должна составлять не менее 8,2 процента.

Уровни содержания потенциально опасных веществ в сыром молоке, сыром обезжиренном молоке, сырых сливках не должны превышать допустимые уровни, установленные в [99] (Приложение 1) и в приложении № 4 к [99]» (таблица 1.3.4).

Уровни содержания микроорганизмов и соматических клеток в сыром молоке, сыром обезжиренном молоке, сырых сливках не должны превышать допустимые уровни, установленные в приложении №5 к [99] (таблица 1.3.5). Согласно диссертационному исследованию Ани Цирман «Микробиологические критерии для молока, молочных продуктов и других продуктов питания в Европе» микробиологические критерии – это определённое число микроорганизмов, которое должно соблюдаться на всех ступенях производства продуктов питания для обеспечения качества продукции» [121].

Таблица 1.3.4 – Допустимые уровни содержания потенциально опасных веществ в молоке и молочной продукции [99]

Потенциально опасные вещества	Допустимые уровни, мг/кг (л), не более
левомецетин (хлорамфеникол)	не допускается (менее 0,01) не допускается (менее 0,0003)*
тетрациклиновая группа	не допускается (менее 0,01)
стрептомицин	не допускается (менее 0,2)
пенициллин	не допускается (менее 0,004)

Таблица 1.3.5 – Допустимые уровни содержания микроорганизмов и соматических клеток в сыром молоке, сыром обезжиренном молоке и сырых сливках [99]

Продукт	Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов, КОЕ/см (г), не более	Объем (масса) продукта, см ³ (г), в которой не допускаются		Содержание соматических клеток, в 1 см ³ , (г), не более
		БГКП (колиформы)	Патогенные, в том числе сальмонеллы	
Сырое молоко	5 x 10 ⁵	-	25	7,5 x 10 ⁵
Сырое обезжиренное молоко	5 x 10 ⁵	-	25	-
Сырые сливки	5 x 10 ⁵	-	25	-

Показатели идентификации сырого молока коровьего, сырого молока других видов сельскохозяйственных животных и сырых сливок из коровьего молока установлены в приложениях № 6 и 7 к [99]».

Таким образом, действующие требования безопасности определяют требования к допустимому уровню патогенных микроорганизмов (микробиологический критерий) и вредных веществ. В то время, как

требования к потребительским качествам продукции данной категории в нормативных документах не определены, что делает данное направление обеспечения конкурентоспособности сублимированной молочной продукции с одной стороны, достаточно перспективным в части определения параметров качества, а, с другой стороны, подверженной некоторой степени хаотичности на уровне потребительского рынка. А для оценки параметров качества продукции можно выделить два направления: оценка параметров безопасности (требования нормативного регулирования) и потребительские параметры качества сублимированной молочной продукции, которые определяются в контексте рыночной ситуации.

Традиционные подходы к оценке качества молочной продукции включают следующие этапы [18, с.111-112]:

- «1. Информационная идентификация анализируемой продукции.
2. Оценка качества по органолептическим показателям: вкус и запах, консистенция и внешний вид, цвет.
3. Оценка качества по физико-химическим показателям».

В рамках нашего исследования проводится оценка параметров качества сублимированной молочной продукции, специфический характер потребления данной категории продуктов определяет набор параметров качества, определяемых после восстановления, так как потребительские характеристики продукта оцениваются именно в контексте потребления в восстановленном виде. Для данного подхода к оценке качества сублимированных молочных продуктов предлагается оценивать следующие параметры:

- 1) восстанавливаемость продукта: скорость растворения / набухания в воде, степень восстановления исходной структуры, отсутствие нерастворимых комков;
- 2) сохраняемость исходных свойств: белкового состава, сохранение молочного жира, органолептика восстановленного продукта;

3) технологическая целостность: сыпучесть / слипаемость, цвет, запах сухого продукта;

4) потребительская ценность относительно молочных продуктов традиционной формы: потеря летучих ароматов, удобство хранения и транспорта, срок годности после вскрытия;

5) информационная полнота: указание режима восстановления; указание параметров исходного продукта до сублимации.

Анализ отечественного рынка производителей сублимированной молочной продукции позволил сформировать следующий пул анализа параметров качества (таблица 1.3.6)

Таблица 1.3.6 – Перечень анализируемой сублимированной молочной продукции (составлено автором)

Наименование продукции	Торговая марка	Производитель
Сыр плавленый сублимированный 30% жирности	Гала-гала	ООО «Галактика Инк»
Сметана сублимированная		
Простокваша сублимированная 30%		
Молочный напиток сублимированный 18,5% жирности		
Масло сублимированное 80% жирности		
Творог сублимированный 30% жирности		
Сливочный сыр сублимированный	Натива кондитер	ИП Чуриков С.А.
Йогурт сублимированный	Здоровая еда	ООО «Здоровая еда»
Творог сублимированный		
Мороженое пломбир сухое сублимированное		
Мороженое космическое сухое сублимированное готовое		
Сублимированное мороженое	Green life	ООО «Грин Лайф»
Сублимированное мороженое	Кронидов	ООО «МПК Кронидов»
Йогурт сублимированный		

В силу единого направления использования сублимированных и традиционных молочных продуктов можно считать их товарами-

субститутами, однако отличительными потребительскими особенностями сублимированных продуктов является [9, с.99]:

- увеличенный срок хранения без дополнительных требований к условиям хранения: «сублимированные продукты можно хранить при широком диапазоне температур, не затрагивая продукты или упаковку – продукты остаются свежими в течение многих лет»;

- сохранение питательной ценности свежего продукта. «Сублимационная сушка поддерживает пищу в состоянии приостановки жизнедеятельности, поэтому после регидратации пища становится такой же свежей и питательной, как и в момент замораживания»;

- сохранение вкусовых качеств относительно процесса лиофилизации;

- низкий вес продукции, что является привлекательной характеристикой продукции с точки зрения организации логистических процессов, а также в части потребительских характеристиках, так как данная категория продукции, как правило используется для питания в удаленных и труднодоступных местах, где вопрос перемещения продукта стоит особенно остро (походы, космические станции, Арктические станции и т.п.);

- быстрота приготовления, когда для восстановления вкусовых характеристик продукта достаточно добавить воду необходимой температуры и 5-8 минут времени восстановления продукта.

В то же время важно провести сравнительную оценку органолептических параметров качества сублимированной продукции относительно традиционных видов молочной продукции, так как несмотря на практичность сублимированной продукции очевидно, что ее вкусовые параметры являются значимыми при оценке потребительских параметров качества.

На основе анализа методических подходов к оценке качества молочной продукции и сублимированной продукции была разработана методика оценки параметров качества сублимированной молочной продукции отечественных производителей, которая включает следующие этапы:

1) информационная идентификация продукции (соответствие требованиям ТР ТС 022/2011. Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки»);

2) оценка параметров качества сублимированной продукции по органолептическим характеристикам (восстанавливаемость, сохраняемость исходных свойств; технологическая целостность исходного продукта; потребительская ценность относительно молочных продуктов традиционной формы; информационная полнота в части режимов восстановления).

Ввиду малой представленности образцов на рынке и отсутствия доступа к лабораторным испытаниям, оценка органолептических свойств проведена методом контент-анализа пользовательских отзывов и публичных описаний, что является ограничением, но позволяет выявить системные проблемы.

Проанализируем информационную идентификацию продукции выбранных производителей. Блок оценки данной характеристики разделим на три части:

1) обязательные требования (регламентированные ТР ТС 022/2011. Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки») – оценка соответствия базовому перечню информации;

2) специфические требования для молочной продукции (регламентированы ТР ТС 033/2013, ст. 12) - дополнительные обязательные требования к маркировке молочных продуктов;

3) специфические требования для сублимированной молочной продукции в силу того, что требования ТР ТС 022/2011 и ТР ТС 033/2013 не содержат конкретных требований к сублимированным молочным продуктам, эти критерии разработаны в контексте общей логики регламентов (предотвращение введения в заблуждение, ст. 1) и технологической специфики продуктов.

Перечень критериев оценки информационной идентификации продукта представлен в Приложении 2. Для каждого параметра предлагается трехбалльная шкала:

- «соответствует» (2 балла) – информация присутствует, оформлена правильно, читаема, не противоречит требованиям;
- «соответствует не полностью» (1 балл) – информация есть, но неполная, нечеткая;
- «не соответствует» (0 баллов) – требуемая информация отсутствует, либо явно вводит в заблуждение.

Анализ производителей осуществлялся в разрезе торговых марок, так как особенности маркировки для продуктов одной и той же марки единый (Приложение 3).

Прежде всего следует отметить, что в результате исследования рынка, в зависимости от характера потребления, можно однозначно выделить две категории сублимированных молочных продуктов: снеки (сублимированный йогурт, сублимированное мороженое) и восстанавливаемые молочные продукты (сублимированные масло, кефир, сметана и др.). В связи с этим специфические критерии для сублимированных молочных продуктов, выделенные в Приложении 2 могут демонстрировать разную оценку для этих двух категорий.

Совокупная оценка результатов исследования выделенных продуктов по параметрам информационной идентификации продукции представлена в таблице 1.3.7. Следует отметить, что для расчета итоговой оценки были рассчитаны нормализованные балы по каждому блоку по формуле:

$$O_{in} = \frac{\sum O_{ijn}}{\sum O_{maxjn}} \quad (1.1)$$

где O_{in} – обобщенная оценка i -й торговой марки по блоку критериев n , O_{ijn} частная оценка i -й торговой марки по j -му параметру блока критериев n , O_{maxjn} – максимально возможная оценка по j -му параметру блока критериев n .

Также из расчета были исключены значения оценок параметров «отметка об использовании ГМО» и «заменителей молочного жира», так как

эти нормативные требования должны быть маркированы только в случае использования соответствующих элементов, а маркировка об их отсутствии не является обязательной.

Таблица 1.3.7 – Совокупная оценка сублимированной молочной продукции различных производителей по параметрам информационной идентификации (составлено автором)

Торговая марка	Блок 1	Блок 2	Блок 3	Суммарная оценка
Гала-гала	0,82	0,8	0,4	2,02
Натива кондитер	0,91	0,6	0,4	1,91
Здоровая еда	0,86	0,6	0,2	1,66
Green life	0,91	0,3	0,4	1,61
Кронидов	0,91	0,6	0,6	2,02

Можно наблюдать, что наиболее высокие оценки в части информационной идентификации демонстрируют продукты, относимые к категории восстанавливаемых, часто это обусловлено тем, что на упаковке этой продукции представлено инструкции по восстановлению. В целом следует отметить, что все исследованные продукты демонстрируют высокие оценки в части обязательных требований. Исключением стали только продукты ТМ «Гала гала» в части размещения единого знака обращения, однако данное отклонение от требований не является критическим в условиях, когда продукт реализуется только на рынке РФ, а также продукт ТМ «Здоровая» еда в части идентификация требований к условиям хранения, в связи с тем, что на упаковке указан только диапазон температуры хранения, в то время, как для сублимированной продукции важным критерием является влажность, а часто еще и воздействие солнечных лучей.

По специфическим параметрам молочных продуктов следует отметить, что ни на одной ТМ не указан номер партии продукции, аналогично, массовая доля жира указана только на упаковке ТМ «Гала гала», в то время, как два этих параметра обязательны для маркировки молочного продукта. Также продукт

ТМ «Green life» использует наименование продукта «сухое мороженое», в то время, как данное определение не обозначено в ТР ТС 033/2013.

Что касается разработанных критериев идентификации для сублимированных молочных продуктов, то все рассматриваемые образцы демонстрируют достаточно низкие оценки, что обусловлено тем, что ни на одной упаковке не указана пищевая ценность после восстановления, условия хранения после вскрытия указаны только для продуктов ТМ «Green life», для категории снеков закономерно не размещена инструкция по регидратации, также не представлена маркировка «Честный знак» для продуктов Гала Гала и Здоровая еда.

По итогам анализа информационной идентификации можно выделить следующие проблемы:

- отсутствие параметра «массовая доля жира» на большей части сублимированных молочных продуктов;
- отсутствие маркировки «честный знак», что делает такую продукцию не отслеживаемой, а значит, создает дополнительные риски качества;
- для категории восстанавливаемых продуктов не указаны параметры пищевой ценности для восстановленного продукта;
- также для значительной части продуктов не указано условия и длительность хранения продукта после вскрытия упаковки.

Далее были проанализированы параметры качества сублимированной продукции по специфическим характеристикам (восстанавливаемость, сохраняемость исходных свойств; технологическая целостность исходного продукта; потребительская ценность относительно молочных продуктов традиционной формы; информационная полнота в части режимов восстановления). Детальное описание данных параметров, а также критерии оценки, сформированные на основе отзывов на продукт, и методика их оценки представлены в приложении 4.

В приложении 5 приведены детальные оценки качества исследуемых сублимированных продуктов, сформированных на основе анализа отзывов на

продукт (источники отзывов и анализируемые продукты, также приведены в приложении).

Для обеспечения сравнимости оценки расчет итоговой оценки данного этапа для каждого продукта рассчитывается по формуле:

$$E_i = \frac{\sum E_{ij}}{\sum E_{maxj}} \quad (1.2)$$

где E_i – обобщенная оценка i -го продукта, E_{ij} частная оценка i -го продукта по j -му параметру, E_{maxj} – максимально возможная оценка по j -му параметру.

Следует обратить внимание, что в рамки данного исследования не входит детальная оценка ТМ по каждому продукту, в то время как наша задача оценить общие закономерности рынка сублимированных молочных продуктов, поэтому для каждой ТМ были выбраны представители, для которых наблюдается наибольшее количество доступных отзывов. Также следует отметить, что содержание и количество отзывов на продукты не всегда позволяет дать оценку по всем параметрам, в результате при условии отсутствия таких данных в оценке данный параметр не оценивается.

Итоговые оценки по представителям ТМ представлены в таблице 1.3.8. Полученные значения предлагается оценивать в контексте следующей градации: от 0,8 и выше - качество высокое, восстановление хорошее; от 0,55 до 0,79 – среднее качество, наблюдаются недостатки, менее 0,5 – низкое качество или критическая нехватка информации.

Прежде всего следует отметить средний уровень совокупной оценки параметров качества, так как большая часть продуктов находится в диапазоне от 0,55 до 0,75. При этом достаточно низкая оценка продукта Натива кондитер обусловлена не отсутствием соответствующих данных, а именно несоответствием ожиданий потребителя фактическим параметрам качества продукта.

Таблица 1.3.8 – Суммарная оценка параметров качества сублимированной продукции по органолептическим характеристикам (составлено автором)

Характеристика	Гала гала		Натива кондитер		Здоровая еда		Green life	
1. Восстанавливаемость	2	5	н/д	3	2	7	3	9
	1		1		2		3	
	2		2		3		3	
2. Сохраняемость исходных свойств	2	4	2	3	2	4	3	6
	2		1		2		3	
3. Технологическая целостность	н/д	3	2	4	2	2	2	5
	н/д		н/д		н/д		н/д	
	3		2		н/д		3	
4. Потребительская ценность в сравнении с традиционной формой	2	5	1	3	2	4	3	5
	3		2		2		2	
5. Информационная полнота	3	3	2	2	2	2	2	2
Итоговая оценка	0,61		0,45		0,58		0,73	

Различие подходов к потреблению и фактически различная цель применения двух указанных категорий продуктов свидетельствует о сильных расхождениях в оценке продукции. Восстанавливаемые продукты характеризуются более сложной технологией потребления, связанной с необходимостью соблюдения требований к технологии регидратации обуславливает фактически более высокие требования к параметрам качества данной категории сублимированных молочных продуктов, в то же время следует отметить фактически отсутствие конкуренции на данном рынке, что привело к тому, что в рассматриваемых образцах была обнаружена только одна марка продуктов такого рода. Вместе с этим относительно небольшое число отзывов на продукты данной категории свидетельствует об относительно небольшом рыночном сегменте, размер которого обусловлен спецификой применения такого рода продуктов (труднодоступные территории, походы и т.п.). Вместе с этим следует отметить достаточно высокую итоговую оценку для данной категории. Что касается категории снеков, то здесь можно наблюдать достаточно большое расхождение уровня качества, когда продукт Green Life демонстрирует высокий уровень оценки

качества, а продукт Натива кондитер – самый низкий показатель. Наряду с тем, что на данном рынке представлены продукты также импортного производства, можно говорить о достаточно высоких требованиях к качеству продукта и высоком уровне конкуренции на данном сегменте. Это, в свою очередь, обусловлено тем, что данная категория продуктов востребована для широких масс потребителей в качестве десертов, снеков и т.п.

Что касается общей оценки параметров качества по отмеченным параметрам сублимированной молочной продукции, то в части восстанавливаемости наблюдаются недостатки для восстанавливаемых продуктов в то время, как текстура при употреблении для снеков в основном демонстрирует более высокие потребительские характеристики. Для восстанавливаемых продуктов также характерным является низкая оценка сохраняемости потребительских свойств, так как потребитель ожидает максимальное приближение органолептических свойств в сравнении с традиционной формой молочной продукции. Можно отметить общую низкую информационную полноту, так как для снеков фактически не указан способ потребления, в то время как для восстанавливаемых продуктов можно наблюдать достаточно подробную инструкцию по технологии восстановления (следует отметить, что в данной категории рассматривался единственный продукт, что не позволяет делать вывод о тенденции высокой информационной полноте для всех продуктов данной категории).

Подводя итоги проведенного анализа, реализованного на основе предложенной методики оценки качества сублимированных молочных продуктов можно сделать следующие выводы:

– важной особенностью системы оценки качества сублимированных молочных продуктов следует выделить слабую регулируемость данного вида пищевой продукции, так как данный продукт представляет собой относительно новый вид продукта, слабо распространенный на рынке, поэтому законодатель определяет только необходимые требования безопасности данного вида продукции и не регулирует требования

относительно состава, физико-химических и органолептических свойств продуктов;

- прежде всего в результате проведенного анализа представленных на рынке продуктов было выделено две категории сублимированных молочных продуктов (восстанавливаемые и снеки), которые характеризуются существенными различиями в информационной идентификации и требованиями к органолептическим потребительским свойствам;

- наблюдается ряд проблем информационной идентификации сублимированных молочных продуктов, обусловленных спецификой формы выпуска и особенностями употребления. Так не все производители размещают идентификаторы системы «Честный знак» на своей продукции, что является обязательным для молочной продукции, кроме этого ни один производитель не размещает на упаковке информацию о номере партии производства, что существенно усложняет реализацию процесса управления качеством в части расследования отклонений параметров качества, также на значительной части снековой категории продуктов не указаны параметры массовой доли жирности, что также является обязательным для молочной продукции, также некоторые производители достаточно вольно интерпретируют наименование продукта, не учитывая принятые наименования в регулирующих документах;

- что касается органолептических характеристик продукции, то можно отметить, что восстанавливаемые продукты по оценкам потребителей не соответствуют уровню качества соответствующей продукции традиционной формы, кроме этого снековые продукты характеризуются большей востребованностью на рынке и более широким рыночным сегментом потребителей.

В рамках проведенного исследования параметров качества сублимированной молочной продукции были выявлены некоторые проблемы управления качеством такого рода продукции, что определило перечень рекомендаций, позволяющих усовершенствовать данную систему для сублимированных молочных продуктов:

- использование предлагаемой многоэтапной методики (дополненной лабораторным анализом физико-химических свойств продукта) в системе управления качеством производств сублимированных молочных продуктов;
- разработка нормативных требований к физико-химическим и органолептическим параметрам продукта, в настоящее время регулирование этих параметров осуществляется посредством разработки и регистрации ТУ производства, что делает неоднозначными параметры качества для такого рода продуктов на рынке и приводит к разочарованию потребителей;
- конкретизация требований к информационной идентификации сублимированной молочной продукции (однозначная идентификация наименования продукта, обязательное указание доли молочного жира в продукте, характеристики пищевой ценности восстановленного продукта и подробное описание режимов регидратации и способа употребления, указание специфических требований к длительности и условиям хранения вскрытой упаковки в силу высокого уровня гигроскопичности продукта, обязательная идентификация продукта в системе честный знак).

Реализация предлагаемых рекомендаций позволит существенно повысить уровень развития предлагаемых на отечественном рынке сублимированных молочных продуктов, повысить качество жизни населения страны, а также обеспечит конкурентоспособный уровень производства данных категорий продукции.

Выводы по главе 1

Результаты исследования, представленные в первой главе диссертации, позволили резюмировать следующие выводы.

1. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений на основе искусственного интеллекта расширяют свою научную и практическую значимость, что находит подтверждение в различных публикациях по тематике исследования.

2. Анализ базы стандартов, регламентирующих организацию производства и требования к качеству сублимированной молочной продукции, показал, что отечественным предприятиям требуется совершенствование нормативной базы в данной области по следующим ключевым направлениям:

- создать национальный стандарт (ГОСТ) на сублимированную молочную продукцию;
- обновить санитарную базу и устранить нестыковки с ТР ТС;
- устранить процедурные сложности подтверждения соответствия (декларирования) по ТР ТС 033/2013;
- разработать технологическую инструкцию (ТИ) на уровне стандарта;
- предложить классификацию в ТР ТС 033/2013, поскольку в нем сублимированные продукты не выделены в отдельную категорию с особыми требованиями, где они рассматриваются как «сухие молочные продукты», хотя данная технология принципиально отличается от традиционных видов сушки, что влияет на свойства, транспортировку, хранение продукции.

3. Разработана методика оценки параметров качества сублимированной молочной продукции отечественных производителей, которая включает следующие этапы:

- информационная идентификация продукции (соответствие требованиям ТР ТС 022/2011. Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки»);
- оценка параметров качества сублимированной продукции по органолептическим характеристикам (восстанавливаемость, сохраняемость исходных свойств; технологическая целостность исходного продукта; потребительская ценность относительно молочных продуктов традиционной формы; информационная полнота в части режимов восстановления).

4. Выявлено, что важной особенностью системы оценки качества сублимированных молочных продуктов является слабая регулируемость данного вида пищевой продукции, так как данный продукт представляет собой относительно новый вид продукта, слабо распространенный на рынке,

поэтому законодатель определяет только необходимые требования безопасности данного вида продукции и не регулирует требования относительно состава, физико-химических и органолептических свойств продуктов;

5. На рынке продуктов было выделено две категории сублимированных молочных продуктов (восстанавливаемые и снеки), которые характеризуются существенными различиями в информационной идентификации и требованиями к органолептическим потребительским свойствам.

6. Наблюдается ряд проблем информационной идентификации сублимированных молочных продуктов, обусловленных спецификой формы выпуска и особенностями употребления. Так не все производители размещают идентификаторы системы «Честный знак» на своей продукции, что является обязательным для молочной продукции, кроме этого ни один производитель не размещает на упаковке информацию о номере партии производства, что существенно усложняет реализацию процесса управления качеством в части расследования отклонений параметров качества.

2 КОНЦЕПЦИЯ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА СУБЛИМИРОВАННОЙ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ

2.1 Идея внедрения статистического инструментария оценки качества продукции на этапах жизненного цикла производства сублимированного молока

В условиях цифровизации процессов управления и процессов производства система менеджмента качества смещается в плоскость цифровых решений, повышающих качество принятия управленческих решений и организации производства на промышленных предприятиях. Данная задача актуальна также для предприятий по производству сублимированного молока. Цифровизация системы менеджмента качества предприятий по производству сублимированного молока включает использование перспективных цифровых решений, которые обеспечивают оптимизацию и автоматизацию процесса производства на всех этапах жизненного цикла продукции. При этом такие цифровые технологии, как промышленный интернет вещей (IIoT), Big Data, блокчейн и другие, будучи встроенными в систему менеджмента качества предприятий по производству сублимированного молока позволят проводить предиктивную диагностику различных сфер деятельности предприятия – закупок сырья, отказов оборудования, качество выпускаемой продукции, наличие брака, требования по техническому обслуживанию и ремонту оборудования и т.п.

Стратегия, цели и задачи, стоящие перед предприятием, определяют содержание процессов управления системы менеджмента качества, обеспечивают контроль и постоянное улучшение системы управления предприятием. При этом цифровизация данных процессов способствует росту эффективности организации и управления производством.

В настоящее время разработан концепт цифрового инструментария по управлению системой менеджмента качества [15, 46, 3, 116].

В данный цифровой инструментарий включаются следующие процедуры:

- формирование контекстной модели системы менеджмента качества;
- разработка процессной модели системы менеджмента качества;
- анализ требований заказчиков;
- оценка удовлетворенности заказчика (рисунок 2.1.1).

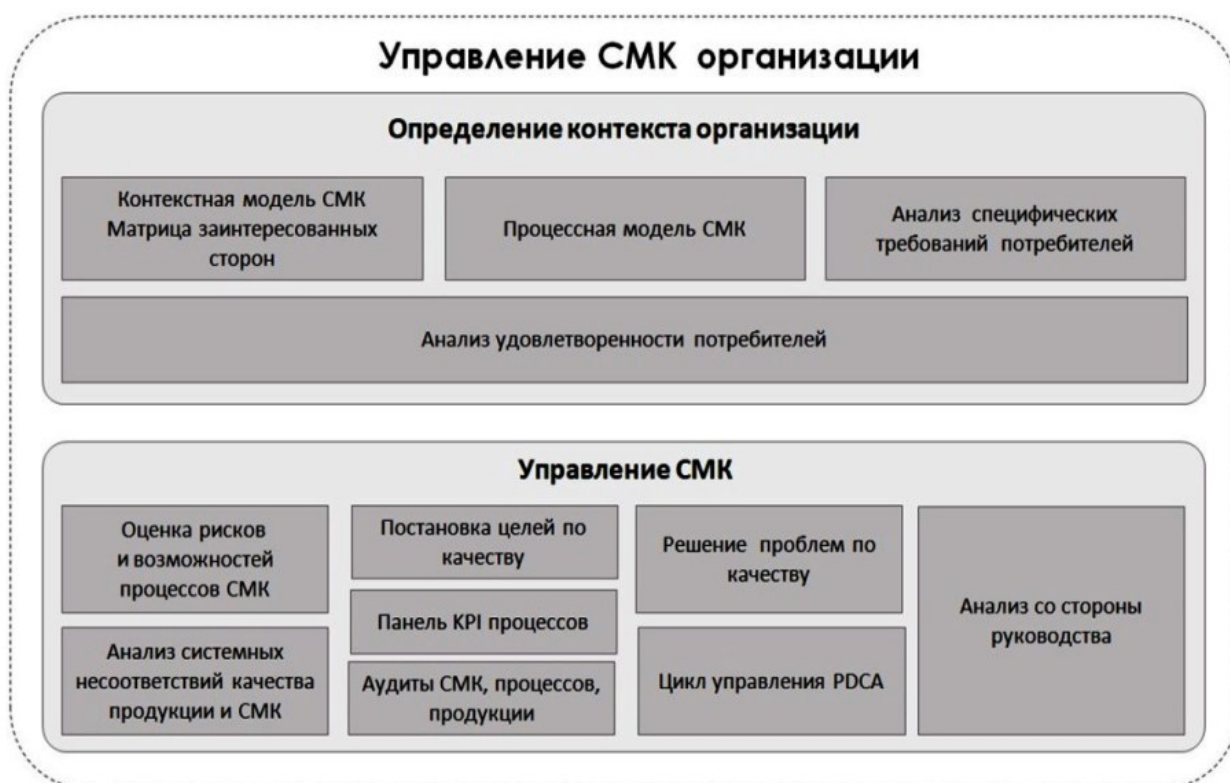


Рисунок 2.1.1 – Цифровые инструменты управления системой менеджмента качества предприятия [88, С. 20]

Управление системой менеджмента качества – это набор процессов управления на всех этапах жизненного цикла продукции, включая совокупность мероприятий стратегического уровня, обеспечивающих повышение качества конечного продукта и эффективность работы системы менеджмента качества. Набор процессов управления на всех этапах

жизненного цикла продукции, включенный в систему менеджмента качества представлен на рисунке (рисунок 2.1.2).



Рисунок 2.1.2 – Процессы управления на всех этапах жизненного цикла продукции, включенные в систему менеджмента качества предприятия (составлено автором)

Обозначенный цифровой инструментарий системы менеджмента качества предприятия направлен на достижение стабильного уровня качества выпускаемой продукции, оптимизацию процессов управления и организации производства, рост эффективности реализации внутренних основных и сопутствующих процессов, которые связаны с планированием, обеспечением, контролем и развитием качества сублимированного молока.

Качество сублимированного молока формируется совокупностью свойств, которые определяют его пригодность по требованиям ГОСТ, а также удовлетворением потребности согласно его прямому назначению. При этом

«качество» – это емкая категория, на которую действует большое количество случайных, латентных, субъективных и внешних факторов, управление которыми входит в компетенции и задачи системы менеджмента качества предприятия. Одним из элементов системы менеджмента качества является контроль за качеством процессов производства и готовой продукции, а также управление факторами качества.

При проведении оценки качества продукции на этапах жизненного цикла производства сублимированного молока необходимо провести сбор данных с последующей их обработкой и интерпретацией. Статистическая обработка данных по качеству продукции заключается в их систематизации, исследовании и выявлении на основе статистических методов статистических закономерностей и взаимосвязей с целью последующих предиктивных процедур с использованием цифровых инструментов. Как правило из инструментов предиктивной аналитики для проведения оценки качества продукции на этапах жизненного цикла производства сублимированного молока применяются следующие статистические методы качества:

- контрольные листки, диаграммы Парето;
- диаграммы Исикавы;
- гистограммы;
- диаграммы рассеяния;
- контрольные карты;
- расслоение;
- показатели описательной статистики (среднее значение, стандартное отклонение, коэффициент вариации и т.п.) и другие.

Для оценки качества продукции на этапах жизненного цикла производства сублимированного молока полезным инструментом анализа выступает построение древовидной диаграммы, которая позволяет сформирования последовательный путь решения проблемы в области качества на разных уровнях управления. Пример древовидной диаграммы управления качеством на предприятии пищевой промышленности, который содержит

совокупность средств и способов разрешения проблемы в области качества представлен на рисунке (рисунок 2.1.3).

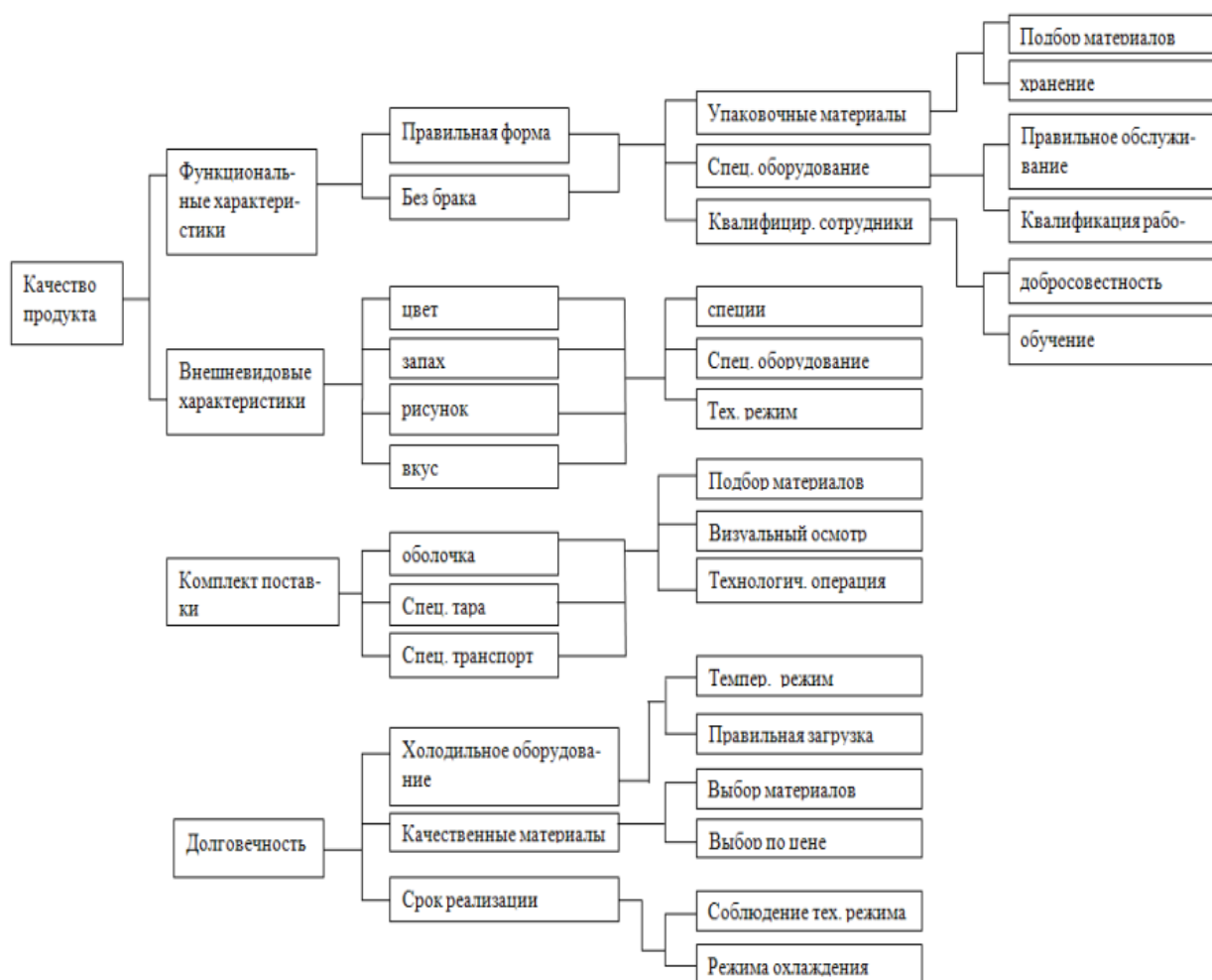


Рисунок 2.1.3 – Пример древовидной диаграммы управления качеством на пищевом производстве [47, С. 18]

Управление качеством продукции на этапах жизненного цикла производства сублимированного молока на основе системного подхода обеспечивает возможность выявить прямую взаимосвязь технологии обеспечения качества и требований, которые предъявляются к качеству конечного готового продукта [112].

В общем виде модель оценки качества продукции на этапах жизненного цикла производства сублимированного молока охватывает последовательность реализуемых бизнес-процессов, а именно, приемку сырья, производство сублимированного молока, хранение полуфабриката и готовой

продукции, материально-техническое обеспечение деятельности, логистические процессы, процессы сбыта [67].

На входе имеются терминальные вершины $x_1 \dots x_n$, которые описывают технологические параметры каждого из выделенных технологических параметров данных подпроцессов, которые оказывают влияние на оценку качества продукции на этапах жизненного цикла производства сублимированного молока.

На выходе в данной блок-схеме мы имеем показатели качества анализируемых процессов, которые имеют условное обозначение $Y_1 \dots Y_n$.

Далее показатели качества по подпроцессам интегрируются в показатели качества групп процессов – основных процессов, включающих приемку сырья, производство сублимированного молока и его хранение, и вспомогательных процессов, включающих материально-техническое обеспечение, логистические процессы и процессы сбыта. Показатели качества групп процессов имеют условное обозначение $Z_1 \dots Z_n$.

На выходе мы имеем комплексный интегральный показатель качество процесса производства сублимированного молока с условным обозначением А.

Иерархическая многоуровневая модель оценки качества продукции на этапах жизненного цикла производства сублимированного молока отражена на рисунке (рисунок 2.1.4).

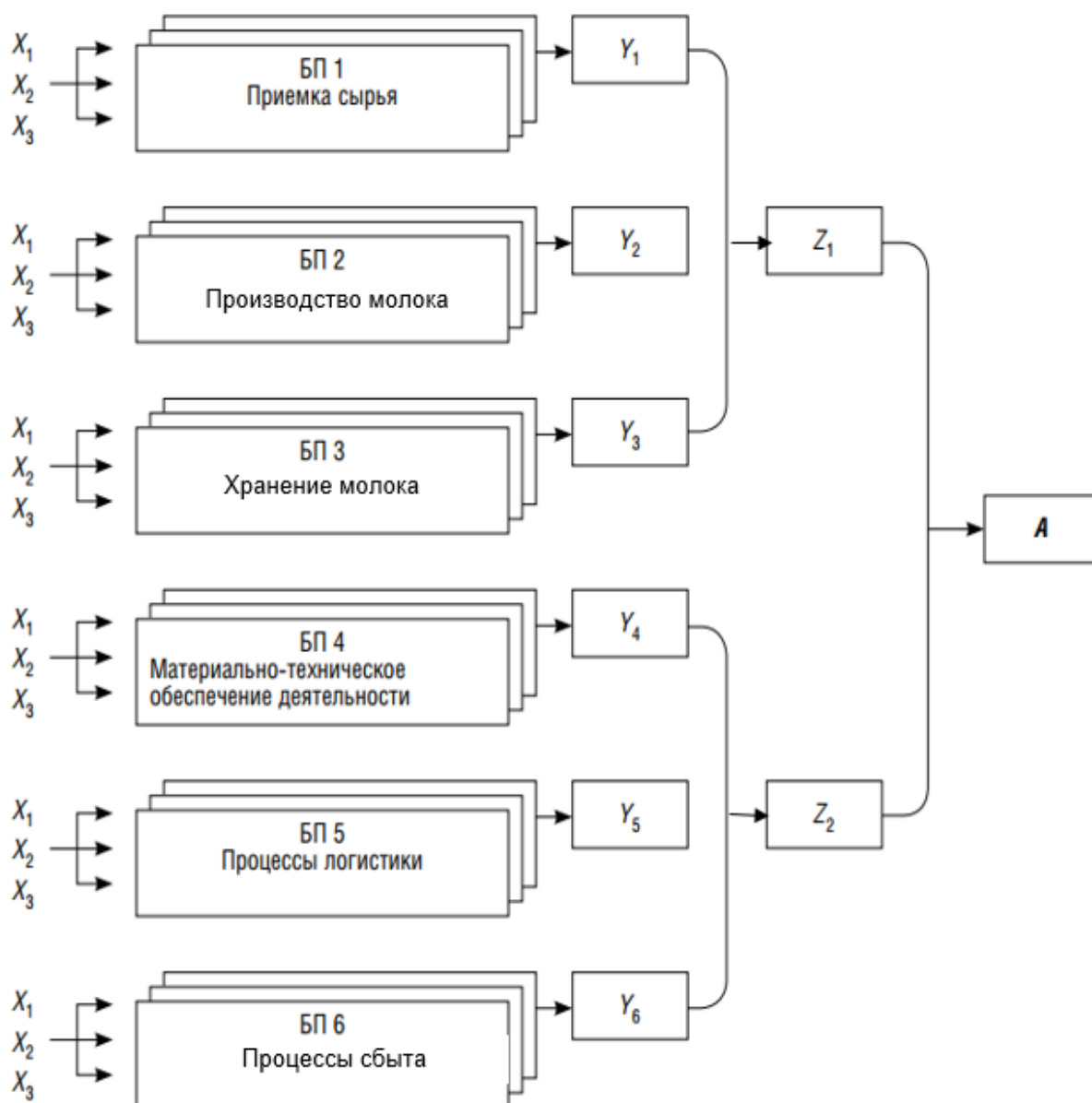


Рисунок 2.1.4 – Иерархическая многоуровневая модель оценки качества продукции на этапах жизненного цикла производства сублимированного молока [дополнено автором по данным источника: 76, С. 50]

В условиях информационной экономики актуальным представляется оцифровка модели оценки качества продукции на этапах жизненного цикла производства сублимированного молока. Методика интегральной оценки качества продукции на этапах жизненного цикла производства сублимированного молока может быть реализована в информационной системе поддержки принятия управленческих решений.

В данной системе принятия управленческих решений по оценке качества производства процессы показатели качества процесса производства сублимированного молока по всем фазам его жизненного цикла стекаются в систему управления базами данных на основе которой формируется нечеткая модель (характерна для систем с наличием неопределенности и неполноты охвата данных) по оценке качества процесса производства.

Далее обработанная информация с использованием предиктивной аналитики поступает менеджеру по качеству и лицу, принимающего управленческие решения для разработки оперативных и стратегических решений по совершенствованию и управлению процессами жизненного цикла продукции.

Блок-схема информационной системы поддержки принятия управленческих решений по вопросам качества производства сублимированного молока представлена на рисунке (рисунок 2.1.5).



Рисунок 2.1.5 – Блок-схема информационной системы поддержки принятия управленческих решений по вопросам качества производства сублимированного молока [76, С. 51]

Нормативно-правовую основу производства сухого молока в Российской Федерации образуют:

- технические регламенты, регламентирующие безопасность молочной продукции и упаковки (ТР ТС 005/2011);
- требования к технологическим вспомогательным средствам (ТР ТС 021/2011);
- специфические требования к молоку и молочной продукции (ТР ТС

033/2013).

Дополнительным ориентиром выступает межгосударственный стандарт ГОСТ 33629-2015, устанавливающий технические условия на сухое молоко. В развитие данных нормативных документов представляется обоснованным формирование на предприятии трехуровневой системы контроля качества, включающей входной, межоперационный и выходной контроль [27].

На основе анализа производственного процесса выделим ключевые точки контроля, требующие особого внимания и потенциальной автоматизации с использованием методов искусственного интеллекта и инструментов предиктивной аналитики (таблица 2.1.1).

Таблица 2.1.1 – Ключевые этапы контроля качества в производстве сублимированной молочной продукции [70]

Направление контроля	Критические параметры и требования	Методы контроля и управления
Входной контроль сырья и надежность поставщиков	Применение поставщиком технологии шоковой заморозки; соблюдение температурного режима при транспортировке и хранении	Аудит поставщиков; мониторинг температурных режимов при доставке; входной контроль качества сырья
Технологические процессы подготовки и сублимации	Соблюдение временного интервала между заморозкой и загрузкой в сублиматор; выбор оптимальных режимов сублимации (вакуум, температура)	Контроль времени операций; разработка режимов технологом; поиск баланса между безопасностью процесса и его продолжительностью
Система нормирования и оценки качества готовой продукции	Уровень брака: $\leq 5\%$ (устоявшееся производство), $\leq 50\%$ (этап разработки). Влажность: $\leq 5\%$. Визуальные характеристики: соответствие органолептическим свойствам	Визуальный контроль; инструментальное измерение остаточной влажности; статистический учет уровня брака
Постпроизводственные факторы (выгрузка, упаковка)	Осушенность помещения для выгрузки и упаковки; использование упаковки барьерного типа (защита от воздуха и света)	Контроль климатических параметров в помещении; входной контроль упаковочных материалов на соответствие барьерным свойствам

В процессе производства отклонение контролируемых параметров от установленных нормативов способно инициировать дефекты готовой продукции. Так, снижение растворимости сухого молока как критического показателя качества обусловлено несоответствием массовой доли влаги и жира требованиям технической документации. Источником таких отклонений может выступать использование сырья с жирностью, превышающей допустимый предел (более 3,5%), тогда как повышенная влажность продукта является следствием нарушения режимов сублимационной сушки – температурных параметров и продолжительности процесса. Выявленные зависимости между технологическими факторами и показателями качества формируют основу для разработки и калибровки предиктивной модели, представленной в таблице (таблица 2.1.2).

Таблица 2.1.2 – Предсказание нарушения качества сухого молока на основе предиктивной модели при различных параметрах технологического процесса (составлено автором)

Параметры процесса сублимационной сушки		Качество продукта – сухого молока	Предсказание риска несоответствия сухого молока
Температура сублимации, °С	Продолжительность сушки, часов	Массовая доля влаги, % (норма не более 4,0%)	
21	9,0	4,6030 (выше нормы)	риск брака!
22	9,2	4,4802 (выше нормы)	риск брака!
23	9,4	4,3574 (выше нормы)	риск брака!
28	9,6	3,7706	норма
29	9,8	3,6478	норма
30	15,2	3,3482	норма

Представленные выше проблемы в управлении качеством сублимированной продукции позволяют сделать вывод о необходимости системного подхода к контролю качества, охватывающего всю производственную цепочку. Перспективным направлением развития представляется интеграция методов искусственного интеллекта в работу

технолога для решения задачи оптимизации технологических режимов сублимации. Искусственный интеллект способен анализировать многомерные массивы данных и находить компромиссные решения между безопасностью процесса и его продолжительностью. На рисунке ниже обобщены предложения по развитию системы контроля качества на основе искусственного интеллекта и инструментов предиктивной аналитики (рисунок 2.1.6).

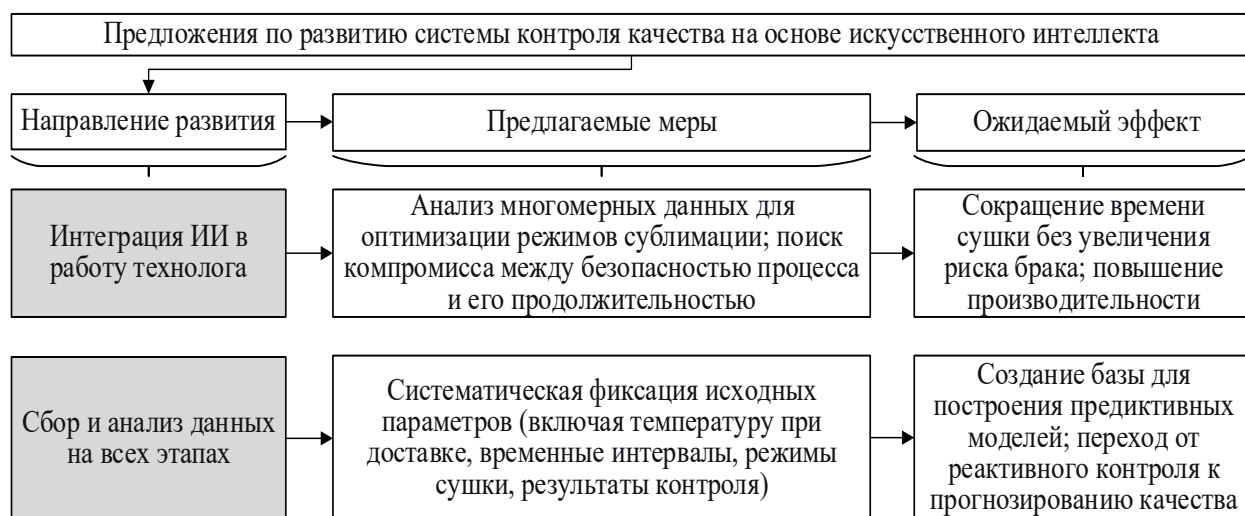


Рисунок 2.1.6 – Предложения по развитию системы контроля качества в производстве сублимированной продукции на основе искусственного интеллекта и инструментов предиктивной аналитики (разработано автором)

Таким образом, для эффективного прогнозирования качества и построения адекватных моделей требуется организовать систематическую фиксацию и анализ исходных данных на каждом этапе производства, начиная с входного контроля (включая мониторинг температурных параметров при доставке продукции от поставщика). Накопление и структурирование этих данных создаст основу для перехода от реактивного контроля качества к предиктивному управлению технологическими процессами, что в конечном итоге позволит минимизировать уровень брака и обеспечить стабильно высокое качество сублимированной продукции.

2.2 Типология производственных факторов (рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству

Молоко является незаменим важным продуктом для поддержания жизнедеятельности человека и от его качества зависит обеспеченность питательными веществами организма. В вопросах организации и управления производством сублимированной молочной продукции качество исходного сырья будет иметь непосредственное влияние на качество готового продукта. В настоящее время имеются ряд исследований, которые доказывают наличие взаимосвязи между структурой рациона коров, характеристиками содержания коров и присутствием основных компонентов в молоке. Например, в исследованиях группы авторов под руководством Рыжкова Р.Е. обосновано и доказано с использованием средств статистического моделирования, что рацион кормления коров имеет наибольшее влияние на состав молока. Включение в рацион питания зеленых кормов в летние месяцы обеспечивает рост содержания жира в молоке на 0,28% (при уровне статистической значимости выявленной корреляции $p < 0,05$), витамина А – на 10,1 мкг/100 г ($p < 0,01$), витамина Е – на 26,3 мкг/100 г ($p < 0,01$) в противовес силосно-концентратным видам кормов. Влияние кормовых факторов на качество исходного сырья – молока, для производства сублимированного молока отражено в таблице (таблица 2.2.1).

В данном исследовании структурирована также совокупность иных факторов, оказывающих влияние на качество сырья для производства сублимированного молока. Среди них генетические, физиологические, сезонные и технологические факторы. Авторами доказано, что несоблюдение вакуумного режима доильных установок ведет к росту концентрации свободных жирных кислот в молоке на 15–20% и уменьшает его термоустойчивость. Временной период охлаждения молока без перемешивания приводит к отстаиванию жира и снижению его содержания в среднем на 0,2–0,3% в верхних слоях молока [87].

Таблица 2.2.1 – Влияние вида рациона на содержание полезных элементов исходным сырьем (молоке) [87, С. 34]

Показатель	Вид рациона питания		
	Силосно-концентратный	Сенажно-концентратный	С использованием зеленых кормов
Массовая доля жира, %	3,67+/-0,14	3,82+/-0,16	3,96+/-0,18
Массовая доля белка, %	3,21+/-0,09	3,32+/-0,11	3,27+/-0,10
Лактоза, %	4,65+/-0,08	4,62+/-0,07	4,73+/-0,09
Кальций, мг/100 г	118+/-4,2	122+/-4,5	125+/-4,8
Витамин А, мкг/100 г	32,6+/-2,1	35,3+/-2,4	42,7+/-2,9
Витамин Е, мкг/100 г	86,2+/-5,3	92,4+/-5,7	112,5+/-7,2

В исследованиях других авторов под руководством Маслова М.М. указывается, что качество исходного сырья для производства сублимированного молока зависит прежде всего от бактериологических факторов, среди которых авторы выделяют и анализируют бактериальную обсемененность, под которой понимается количество микроорганизмов в 1 куб. см КОЕ/1 см³, характеризуемая показателем КМАФАнМ (количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов) [11, 75].

Среди факторов, влияющих на повышение уровня бактериальной обсемененности, авторами выделяются:

- загрязнение воздуха;
- ненадлежащее состояние доильного оборудования;
- несоблюдение технологий машинного доения;
- ненадлежащее охлаждение при перевозке и другие факторы риска, снижающие качество исходного сырья для производства сублимированного молока.

В результате моделирования авторами установлено, что наиболее тесная связь между уровнем бактериальной обсемененности и количеством соматических клеток (коэффициент корреляции равен 0,71, $p < 0,07$), причиной

чего является невыполнение требований к гигиене по уходу за коровами, а также ненадлежащее состояние оборудования и помещения [64].

В исследовании Парфеновой Е.Ю. представлены расчет и обоснование производственных факторов, которые влияют на качество конечного готового продукта. Среди них наибольшее воздействие имеют:

- качество молочного сырья – 25%;
- определение идентификационных параметров контроля – 17%;
- качество и свойство добавок – 13%;
- контроль готового продукта – 12%;
- подбор методов контроля – 9%.

Диаграмма Парето производственных факторов, которые влияют на качество сублимированного молока представлена на рисунке (рисунок 2.2.1).

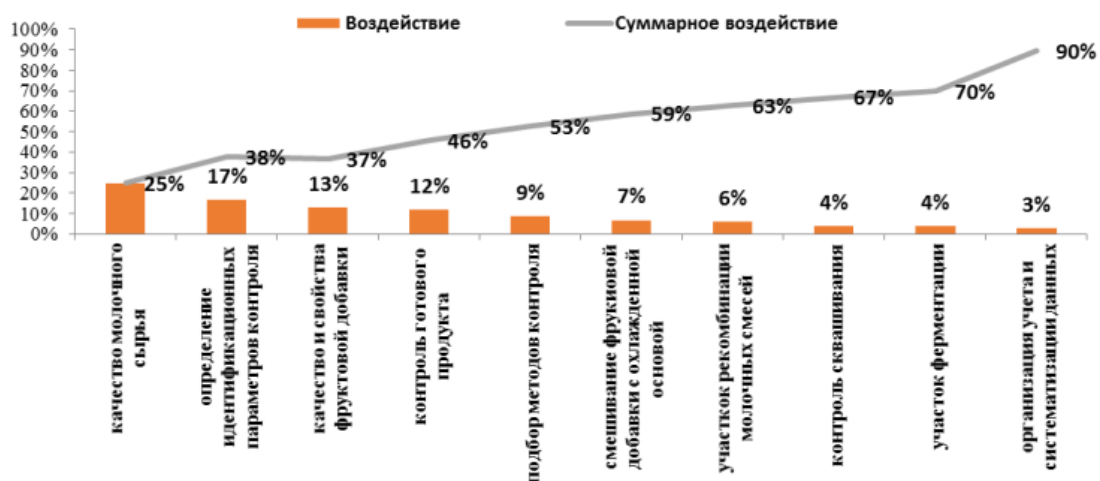


Рисунок 2.2.1 – Диаграмма Парето производственных факторов, которые влияют на качество сублимированного молока [77, С. 105]

Совокупное влияние обозначенных производственных факторов ведет к сокращению эффективности контроля процесса производства сублимированного молока и ухудшению его потребительских свойств, вплоть до несоответствия требованиям нормативной документации.

Как видно из диаграммы на рисунке 2.2.1 на качество конечного продукта среди технологических факторов наибольшее влияние оказывает

качество исходного сырья – 25% от общего количества анализируемых факторов/признаков. Среди параметров, оценивающих качество исходного сырья, которые влияют на качество конечного готово продукта, выделяются следующие:

- массовая доля жира, %;
- титруемая кислотность, То;
- активная кислотность, рН;
- массовая доля сухих веществ, %.

Говоря о технологических факторах производства сублимированного молока следует отметить, что степень живучести микроорганизмов при сублимационной сушке с высокой долей вероятности формируется уровнем их устойчивости к замораживанию.

Как отмечается в работе Буркова И.А. «...для термофильных молочнокислых культур *Streptococcus thermophilus* и *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, применяемых в составе симбиотического консорциума при производстве, например, простокваши, особенности протокола предварительного замораживания и параметров вакуумной сушки имеют принципиальное значение» [13, С. 22]. Совокупность физико-химических факторов, влияющих на качество сублимированного молока структурирована нами на рисунке (рисунок 2.2.2).

Формирование этапов сублимационной сушки ставит в необходимость определения четких параметров и характеристик технологического процесса и производственной мощности оборудования. Не соответствие объема загрузки исходного вещества и нарушение теплообменных процессов может способствовать возникновению отклонений в кинетике сушке и выходных параметрах после сублимированной сушки, что приводит к возникновению не только технологических, но и экономических рисков.



Рисунок 2.2.2 – Совокупность физико-химических факторов, влияющих на качество сублимированного молока (составлено автором по данным источников: [5, 52, 59])

Для избегания этого в практической деятельности используют лабораторные, пилотные и промышленные установки для сублимированной сушки молока, которые отличаются массой льда и системой конденсирования.

Одним из примеров использования экспериментальных стендов в сублимации продуктов можно привести управление установкой лабораторного экспериментального стенда, алгоритм управления которого представлен на рисунке (рисунок 2.2.3).



Рисунок 2.2.3 – Алгоритм управления лабораторной экспериментальной установкой сублимации [13, С. 39]

Для сведения к минимум технологических рисков, которые связаны с масштабированием технологических процессов на практике применяют методы математического и численного моделирования для анализа теплофизических процессов без проведения натурных экспериментов, которые увеличивают экономические издержки [115]. Таким образом, на основе систематизации и обобщения материалов по влиянию производственных рисков на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству, представим их типологию. В целом, производственные факторы (риски), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству, укрупненно можно разделить на четыре группы.

К первой группе производственных факторов (рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству, могут быть причислены внутренние производственные факторы риска,

включающие сырье, особенности технологического процесса, персонал, система контроля качества. Структурный состав внутренних производственных факторов риска, влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству, представлен на рисунке (рисунок 2.2.4).



Рисунок 2.2.4 – Структурный состав внутренних производственных факторов риска, влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству (составлено автором)

Ко второй группе производственных факторов (рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству, относятся внешние факторы, включающие нормативно-правовую базу, требование экологии, поставщиков, логистические потоки. Их состав представлен на рисунке (рисунок 2.2.5).



Рисунок 2.2.5 – Структурный состав внешних производственных факторов риска, влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству (составлено автором)

К третьей группе производственных факторов (рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству, относятся риски по характеру их воздействия на качество конечного готово продукта и включают органолептические, физические, химические и биологические риски. Их детализация отражена на рисунке (рисунок 2.2.6).



Рисунок 2.2.6 – Структурный состав производственных факторов риска, влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству, по характеру воздействия (составлено автором)

К четвертой группе производственных факторов (рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству, относятся риски по степени их воздействия на качество конечного готово продукта и включают риски слабого, среднего, сильного и критического влияния. Их детализация отражена на рисунке (рисунок 2.2.7).



Рисунок 2.2.7 – Структурный состав производственных факторов риска, влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству, по степени воздействия (составлено автором)

К мерам, которые позволяют сократить негативное влияние производственных факторов риска на качество сублимированного молока, прежде всего относятся следующие:

- внедрение и использование международной системы управления безопасностью пищевой продукции, базирующейся на анализе рисков и контроле критических точек на всех этапах жизненного цикла продукции (НАССР);
- соблюдение требований к системам менеджмента безопасности пищевой продукции (ISO 22000);
- калибровка оборудования на постоянной основе;
- валидация процессов производства и контроля;

- обучение персонала по программам производственной практики и производственной гигиены (GMP и GHP);
- переход на автоматизацию процесса контроля параметров сушки и упаковки;
- применение на производстве барьерных технологий (антиоксиданты, антимикробные микроагенты и т.п.);
- проведение аудита поставщиков сырья и упаковки;
- автоматизация системы мониторинга условий хранения и транспортировки и другие.

Таким образом, типологизация производственных факторов (рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству, дает возможность обеспечить целевое управление качеством сублимированного молока на всех стадиях его жизненного цикла, сокращение вероятности выпуска продукции ненадлежащего качества, соответствие требованиям нормативно-правовой документации и требованиям потребителей, эффективное управление предприятием по производству сублимированного молока.

2.3 Концептуальная модель предиктивной диагностики управления рисками несоответствий в системе менеджмента качества молочного производства

Система управления качеством продукции и процессов промышленного предприятия требует постоянного совершенствования в связи с обновлением стандартов и регламентов, развитием подходов к организации производства, прогрессом в сфере информационных и цифровых технологий. В целом для организации систем менеджмента качества российские производства используют ставшие уже классическими и актуальные по-прежнему 14 принципов и концепцию Всеобщего управления качеством Эдвардса Деминга, трилогию качества Джозефа Джурана, концепции Филиппа Кросби «Качество бесплатно» и «Ноль дефектов» и пр. [98, 108, 30]. Несомненно, перечисленные

теории являются фундаментальной основой менеджмента качества, реализация которых будет более эффективной с использованием больших данных о производственном процессе и их статистическим анализом. Здесь следует упомянуть об этапах развития или эволюции систем управления качеством, где в рамках концепции производства Индустрия 4.0 возникает понятие Качество 4.0, как составной элемент промышленной революции. Цифровые технологии на основе умных алгоритмов и процедур направлены на управление качеством в производственной цепи, в том числе на прогнозирование проблем качества и рисков возникновения брака [81]. Расширение функционала цифровых двойников производства с возможностью управления качеством продукции на основе полных киберфизических систем настройки параметров производства дополняет технологии Индустрии 4.0 до уровня Индустрии 5.0 [54].

Качество продукции и процессов представляет собой сложную производственную категорию, в связи с чем является непростым объектом для управления. В последнее время в управлении производством активное развитие получила предиктивная или предсказывающая аналитика, представляющая собой набор методов анализа данных об объекте для предсказаний его состояния в будущем с использованием математических моделей, методов интеллектуального анализа данных, машинного обучения и пр. Первые шаги применения предиктивной аналитики на отечественных производствах отмечаются в сфере диагностики состояния производственного оборудования для целей предсказания отказов машин и аппаратов, снижение стоимости ремонта, уменьшение времени простоя, и, в целом совершенствования техобслуживания и ремонта [35].

В сфере управления качеством предиктивная аналитика может решать вопросы предсказания выпуска брака или продукции несоответствующего качества и быть направлена на управление рисками несоответствий. Особенностью предиктивной аналитики является предсказывание качества продукции в режиме онлайн, т.е. на этапе, когда продукция уже находится в

производственном процессе. В этой связи, целью исследования является разработка организационно-технических решений по развитию системы управления качеством на основе предиктивной аналитики предупреждения рисков несоответствия продукции.

Для разработки структурной модели предиктивной аналитики качества продукции и управления рисками несоответствий считаем целесообразным использовать методы структуризации факторов производства по категориям и функциональным признакам, формализация последовательности операций предиктивной аналитики, описание взаимосвязей между объектами системы. Для передачи сущности предиктивной аналитики представлена математическая запись зависимости риска производства несоответствующей продукции от критических параметров производственного процесса. В обобщенном виде функциональная зависимость имеет вид:

$$Y = f(X_1, X_2, X_3), \quad (2.3.1)$$

где Y – качество продукции расчетное (прогнозируемое);

X_1 – риск брака ввиду некачественного сырья;

X_2 – риск брака ввиду нестабильной работы оборудования;

X_3 – риск брака ввиду нарушения технологического режима производства продукции.

Качество продукции Y может быть представлено множеством параметров – органолептических и физико-химических характеристик производимого продукта:

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}, \quad (2.3.2)$$

где $y_1, y_2, \dots, y_n$ – множество параметров качества производимого продукта.

В свою очередь, каждая группа рисков включает подмножество параметров производственного процесса, являющихся критическими при прогнозировании качества продукции:

$$\begin{aligned} X_1 &= \{x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}\} \\ X_2 &= \{x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n}\}, \\ X_3 &= \{x_{31}, x_{32}, \dots, x_{3n}\} \end{aligned} \quad (2.3.3)$$

где $x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n}$ – множество параметров качества исходного сырья;

$x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n}$ – множество параметров состояния производственного оборудования;

$x_{31}, x_{32}, \dots, x_{3n}$ – множество параметров технологического режима производства продукции.

Таким образом, зависимость риска производства несоответствующей продукции от критических параметров производственного процесса имеет вид:

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\} = f(X_1, X_2, X_3) = f\left(\begin{pmatrix} x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n} \\ x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n} \\ x_{31}, x_{32}, \dots, x_{3n} \end{pmatrix}\right). \quad (2.3.4)$$

Ввиду большого многообразия технологий и организации производства количество аргументов функции нами не фиксировано, а запись формульного выражения представлена произвольно. Аппроксимация функций может быть выполнена различными способами с учетом преимуществ и ограничений для конкретной задачи, и доступности данных о производственном процессе (линейная, нелинейная, полиномиальная, интерполяционная аппроксимация) [14].

Формализация сущности и последовательности операций предиктивной аналитики качества осуществлена с использованием регламентирующих документов в сфере управления качеством продукции, технического обслуживания оборудования, автоматизации производства и управления

данными, искусственного интеллекта: ГОСТ Р ИСО 9001–2015, ГОСТ 15467–79, ГОСТ 18322–2016, ГОСТ Р ИСО 10303-242-2019, ГОСТ Р 59277–2020 и др.

Несомненно, причинами производственного брака может быть множество факторов – отклонений производственных операций от нормативных режимов:

- несоответствующее нормативам сырье;
- нестабильная работа оборудования;
- нарушение технологии производства;
- человеческий фактор и пр.

Соответственно, для прогноза брака необходима практически полная оцифровка производственного процесса, т.е. описание процедур технологического маршрута числовыми характеристиками. Фактически, все данные для настройки предиктивных моделей в части управления качеством продукции на производстве существуют, но на практике они не всегда оцифрованы или могут находиться в различных закрытых локальных базах данных [16, 62]. Таким образом, для умной диагностики брака необходима систематизация всех действий, формализация процессов, инвентаризация ресурсов, выбор математического аппарата и методов аппроксимации зависимостей данных.

Использование методов предиктивной аналитики в рамках организации системы управления качеством Качество 4.0 требует разработки концептуальной структурной модели (рисунок 2.3.1). Представленная модель является универсальной и не содержит специфики производимой продукции.

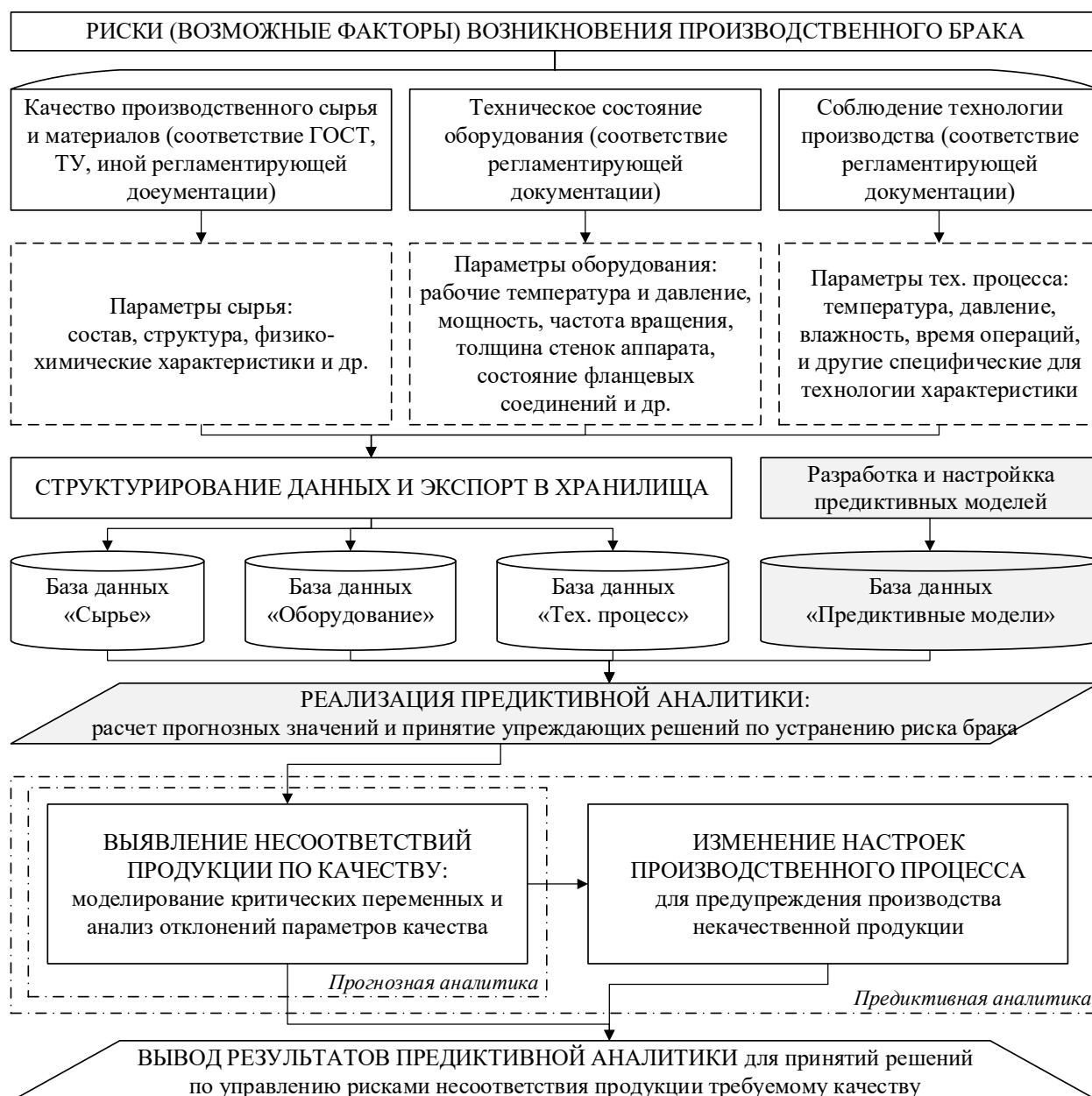


Рисунок 2.3.1 – Структурная модель предиктивной аналитики качества продукции и управления рисками несоответствий (разработано автором)

Полагаем, что возможные факторы риска возникновения производственного брака можно представить в виде трех основных групп:

- 1) качество сырья и материалов для производства или их соответствие регламентирующей документации (ГОСТ, ТУ и пр.);
- 2) техническое состояние и наличие отклонений в работе оборудования, используемого на всех этапах производства продукции;

3) выполнение установленной регламентирующей документацией технологии производства продукции.

Соответственно, по каждой группе рисков в ручном или автоматизированном режиме аккумулируются значения критических показателей, характеризующих возможные факторы риска производства брака, и в дальнейшем данные обрабатываются, структурируются и экспортируются в три хранилища. В привязке к данным о рисках бракованной продукции разрабатываются алгоритмы и модели, которые образуют четвертую базу данных «Предиктивные модели» и позволяют выявить информативные корреляции между критическими переменными, обнаружить аномалии и предсказать будущие результаты и тенденции качества продукции.

Таким образом, предиктивная аналитика начинается со сбора, обработки, форматирования и анализа больших объемов данных, собранных в процессе производства. Затем производится непосредственно предиктивный анализ данных с применением статистических алгоритмов и различных методов машинного обучения, чтобы получить полезную информацию для принятия решений в части управления рисками. Предсказание возможных несоответствий продукции требуемому качеству позволяет устранить первопричины брака до того, как непосредственно возникнут какие-либо проблемы с качеством.

Говоря о внедрении интеллектуальных технологий управления качеством продукции следует обозначить важность наличия на производствах соответствующих диагностических приборов и аппаратно-программных средств, необходимых для реализации предиктивной аналитики. Кроме того, зачастую существует проблема несовместимости автоматизированных систем управления различными подсистемами производства на программном и аппаратном уровнях [117,28]. В этой связи внедрению предиктивной аналитики предшествует решение задачи обеспечения производства общезаводской программной платформой для интеграции баз данных в единое хранилище, статистической обработки массивов с использованием

математического аппарата принятия решений. Подобные производственные цифровые платформы являются связующим звеном между датчиками полевого уровня и АСУП на основе предиктивных моделей.

Разработка предиктивных моделей качества возможна только после детального изучения технологии производства продукции, количественных и качественных характеристик всей цепи процессов. К примеру, для организации системы контроля качества в производстве сухого молока необходимо формализовать процессы и определить контрольные точки сбора данных. На рисунке с использованием материалов [84] визуализирован технологический процесс производства цельного сухого молока, включающий пять основных подпроцессов согласно технологии изготовления продукта (рисунок 2.3.2).



Рисунок 2.3.2 – Организация системы контроля качества на этапах технологического процесса производства сухого молока
(разработано автором)

Качество производимого в России сухого молока регулируется рядом технических регламентов о безопасности молочной продукции и ее упаковки, требованиях к вспомогательным ингредиентам, правилах маркировки (ТС 005/2011, ТР ТС 021/2011, ТР ТС 033/2013), а также межгосударственным стандартом ГОСТ 33629–2015 «Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия». Полагаем, что система контроля качества сухого молока на предприятии должна состоять из входного, межоперационного и выходного контроля. Каждый этап контроля качества характеризуется рядом параметров, образующих функциональную зависимость предиктивной аналитики. В таблице представлены нормативные параметры качества производства сухого молока: предиктивные переменные из группы рисков X_1 (параметры качества сырья – коровьего молока) и X_3 (параметры технологического процесса), а также прогностические переменные (Y) – параметры качества сухого молока. Факторы риска группы X_2 , касающиеся технического состояния производственного оборудования (сублимационные сушилки, скороморозильный аппарат, насосы, мельница др.) не представлены ввиду многообразия способов сублимации и средств производства (таблица 2.3.1).

В ходе производственного процесса любое отклонение фактических значений параметров от нормативных ($\{x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}, x_{17}\}$, $\{x_{31}, x_{32}, x_{33}, x_{34}\}$) может привести к нарушению качества конечного продукта – сухого молока ($\{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7\}$). К примеру, одним из пороков сухого молока является его пониженная растворимость, обусловленная несоответствием продукта нормативам по массовой доле влаги (y_1) и массовой доле жира (y_2). Несоответствия могут возникать ввиду использования в производстве сырья (коровьего молока) с превышающей норму жирностью ($x_{12} > 3,5\%$).

Таблица 2.3.1 – Нормативные параметры качества производства сухого молока для разработки предиктивной модели (составлено автором)

Переменные предиктивной модели	Наименование параметра качества продукта и процесса	Значение параметра
Качество продукции (Y)	Параметры качества цельного сухого молока	
y_1	Массовая доля влаги, %, не более	4,0
y_2	Массовая доля жира, %	[26,0; 41,9]
y_3	Массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке, %, не менее	34,0
y_4	Массовая доля молочного сахара (лактозы), %	[40,0; 31,5]
y_5	Индекс растворимости, см ³ сырого осадка, не более	0,2
y_6	Группа чистоты, не ниже	1
y_7	Кислотность, °Т (% молочной кислоты)	[14; 21] ([0,126; 0,189])
Качество сырья (X_1)	Параметры качества сырья – коровьего молока 1 сорта	
x_{11}	Температура, °С	[0; 10]
x_{12}	Массовая доля жира, %	3,5
x_{13}	Плотность, г/см ³	1,027
x_{14}	Кислотность, °Т	16-18
x_{15}	Группа чистоты, не ниже	1
x_{16}	Бактериальное обсеменение, тыс. / мл	<300
x_{17}	Содержание соматических клеток, тыс. / мл	500
Технология производства (X_3)	Технологические параметры сушки молока на сублимационной сушилке	
x_{31}	Температура замораживания низкотемпературным воздухом, °С	-50
x_{32}	Температура сублимации в сушильной камере, °С	+25±2
x_{33}	Давление в сушильной установке, Па	60-75
x_{34}	Продолжительность сушки, часов	10-15

Излишний жир выходит на поверхность сухих частиц и снижает их смачиваемость. Повышенная влажность готового продукта может быть связана с нарушением технологии сублимации по параметрам температуры (x_{31} , x_{32}) и продолжительности сушки (x_{34}). Соответственно, на основе корреляции данных параметров производится разработка и настройка предиктивной модели качества сухого молока [59].

Исследование подходов к развитию системы управления качеством на основе предиктивной аналитики позволило получить следующие научно-практические результаты.

Во-первых, обоснована значимость и своевременность исследования вопросов развития систем управления качеством продукции на основе предиктивной аналитики, позволяющей на принципах концепции Качество 4.0 решать вопросы предсказания брака или продукции несоответствующего качества и управлять рисками несоответствий: несоответствующее нормативам сырье, нестабильная работа оборудования, нарушение технологии производства, человеческий фактор. Выделены проблемы внедрения предиктивной аналитики качества, заключающиеся в технической готовности производства: наличии считывающих устройств, цифровизации и автоматизации процессов, синхронизации баз данных и аппаратно-программных средств.

Во-вторых, разработана концептуальная структурная модель предиктивной аналитики качества продукции и управления рисками несоответствий, предусматривающая формирование трех баз данных рисков возникновения брака и базы данных готовых предиктивных моделей. Результатом предиктивной аналитики является прогнозирование несоответствий продукции по качеству и возможность изменения настроек производственного процесса для предупреждения брака. Произведено математическое описание процесса предиктивной аналитики с формализацией формульной записи аппроксимации функции предиктивных и зависимой переменной.

В-третьих, визуализирована схема организации системы контроля качества на этапах технологического процесса производства сухого молока с указанием контрольных точек сбора данных и регламентирующей документации. Структурированы нормативные параметры качества производства сухого молока, адекватные аргументам функции предиктивной аналитики. Смоделирована ситуация производства некачественного сухого молока сниженной растворимости и обоснованы производственные причины брака.

Полагаем, что полученные научные выводы и результаты могут быть использованы при разработке и реализации программ развития систем управления качеством промышленных предприятий, модернизации автоматизированных систем и программных продуктов управления производством, планировании проектов по ресурсосбережению и сокращению потерь.

Выводы по главе 2

Таким образом, в главе 2 диссертационного исследования получены и представлены следующие научные результаты.

1. Систематизированы процессы управления на всех этапах жизненного цикла продукции, включенные в систему менеджмента качества предприятия: управление проектированием и разработкой продуктов и процессов, Управление качеством закупок сырья, управление основным производственным процессом, управление работой технологического оборудования, управление обеспечивающими процессами, управление производственной инфраструктурой, управление складским комплексом, управление ресурсами для мониторинга и измерений.

2. Выделены ключевые этапы контроля качества в производстве сублимированной молочной продукции – входной контроль сырья и надежность поставщиков, технологические процессы подготовки и сублимации, система нормирования и оценки качества готовой продукции, постпроизводственные факторы (выгрузка, упаковка), включая критические параметры и требования, а также методы контроля и управления.

3. Разработаны предложения по развитию системы контроля качества в производстве сублимированной продукции на основе искусственного интеллекта и инструментов предиктивной аналитики.

4. Проведена типологизация производственных факторов (рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции

требуемому качеству, из которых выделены четыре группы рисков – внутренние производственные факторы риска, внешние производственные факторы, факторы риска по характеру воздействия и факторы риска по степени воздействия.

5. Разработана структурная модель предиктивной аналитики качества продукции и управления рисками несоответствий для производства сублимированного молока.

6. Разработана организация системы контроля качества на всех этапах технологического процесса производства сухого молока с указанием контрольных точек сбора данных и регламентирующей документации.

3 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПРЕДИКТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ НЕСООТВЕТСТВИЙ В СИСТЕМЕ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА СУБЛИМИРОВАННОЙ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

3.1 Организационно-функциональная модель системы менеджмента качества молочного производства с учетом типологии производственных рисков

Российская Федерация является одной из «самых молочных» стран мира, а молоко – обязательный и необходимый продукт питания, содержащий ценные белки, жиры, углеводы, минеральные вещества. Продукция имеет ограниченный срок годности, а также специфические условия хранения и транспортировки, что ведет к существенным логистическим издержкам предприятий и затрудняет доставку продукции в сложные социально-экономические территории, включая зону специальной военной операции (СВО).

Молоко и изготовленная на его основе молочная продукция относится к стратегически значимым продуктовым категориям, которые обеспечивают достижение уровня национальной и продовольственной безопасности государства. В этой связи вопросы соответствия качества молока и молочной продукции становятся в ряд ключевых стратегических задач, стоящих перед предприятиями пищевой промышленности.

В целях дальнейшего изучения данной тематики представляется необходимым проанализировать динамику производства молока в Российской Федерации, в том числе сублимированного молока.

В Российской Федерации отмечается динамика ежегодного увеличения производства молока, объемы производства которого увеличились с 5301 тыс. тонн в 2017 г. до 6046 тыс. тонн в 2024 г., прирост составил 14,1%. Динамика объема производства молока отображена на рисунке (рисунок 3.1.1).

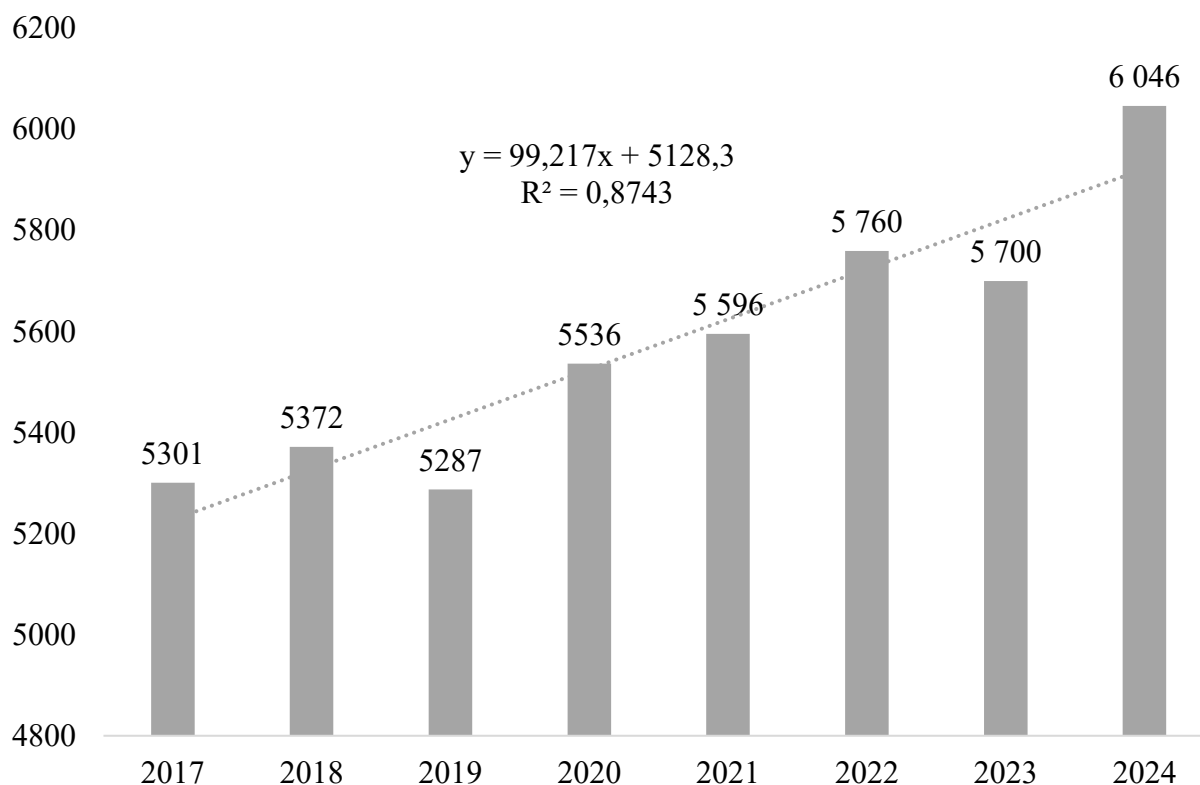


Рисунок 3.1.1 – Динамика объема производства молока в РФ, тыс. тонн
(построено автором по данным источника: [86])

Более высокими темпами роста увеличивалось производство сублимированного молока, объемы производства которого увеличились со 135 тыс. тонн в 2017 г. до 198 тыс. тонн в 2024 г., прирост составил 46,9%. Динамика объема производства сублимированного молока отображена на рисунке (рисунок 3.1.2).

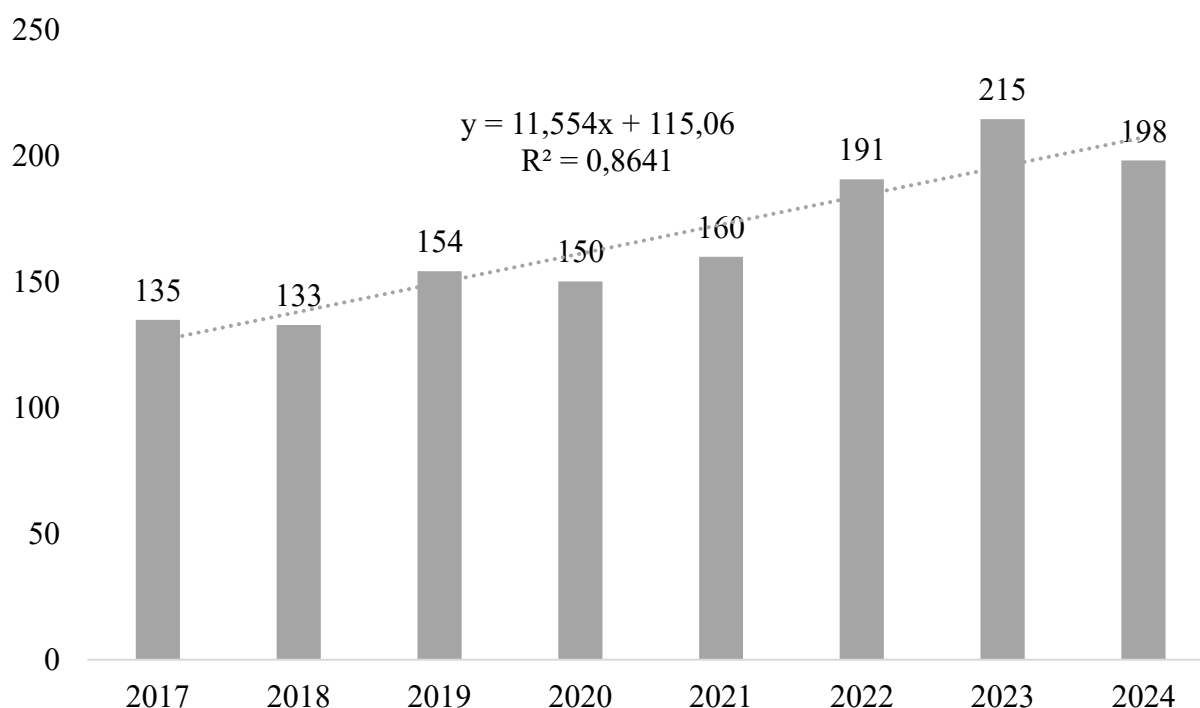


Рисунок 3.1.2 – Динамика объема производства сублимированного молока в РФ, тыс. тонн (построено автором по данным источника: [86])

При этом, обращает на себя внимание тот факт, что объем использования среднегодовой мощности по производству сублимированного молока на предприятиях пищевой промышленности составляет чуть более половины: в 2024 г. – 57%, в 2017 г. – 50%, что указывает на наличие производственного потенциала и возможности его применения в производстве сублимированного молока. Динамика использования среднегодовой мощности по производству сублимированного молока представлена на рисунке (рисунок 3.1.3).

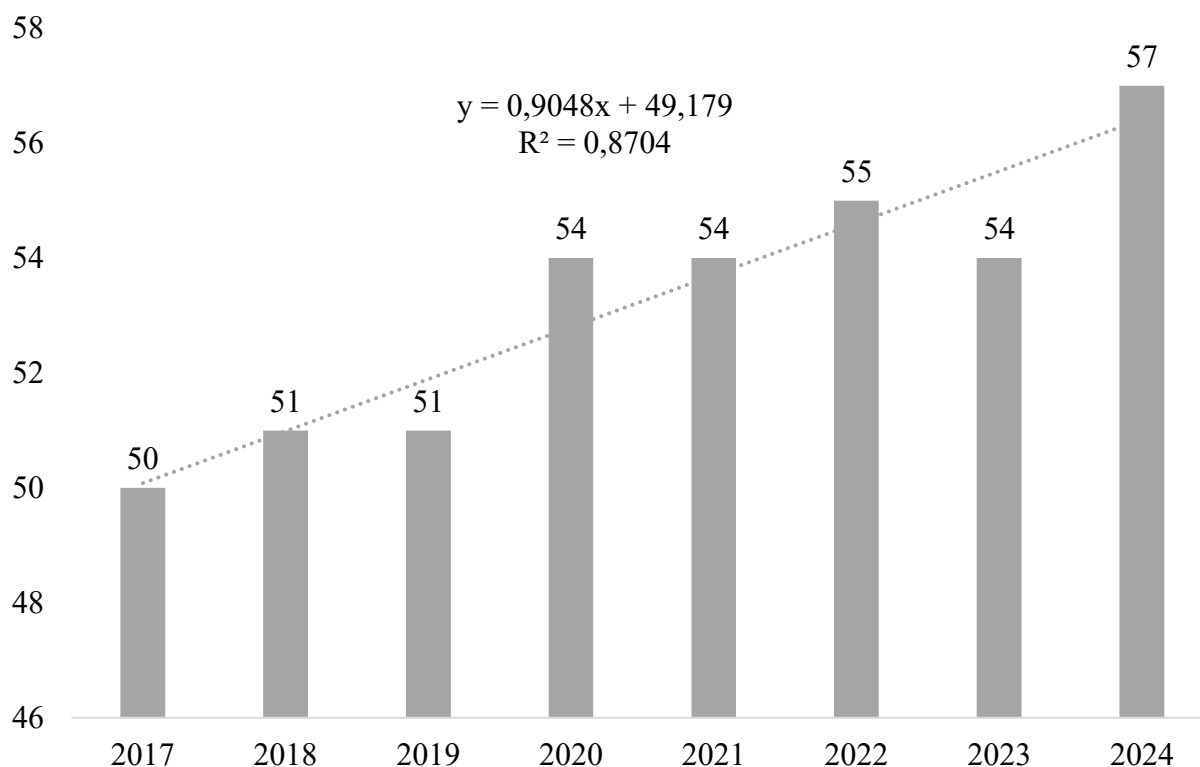


Рисунок 3.1.3 – Динамика использования среднегодовой мощности по производству сублимированного молока, процент (построено автором по данным источника: [8686])

Индекс производства молока не имел стабильной динамики, наибольшее значение индекса производства молока отмечалось в 2023 г. – 107%, наименьшее – в 2019 г. – 100,4%. Обращает внимание, что индекс производства молока в период 2017–2024 гг. был выше 100%, что говорит и ежегодном прироста производства молока в текущем периоде относительно предыдущего периода. В 2024 г. индекс производства молока составил 104,9% против 101,7% в 2017г.

Динамика индекса производства молока показана на рисунке (рисунок 3.1.4).

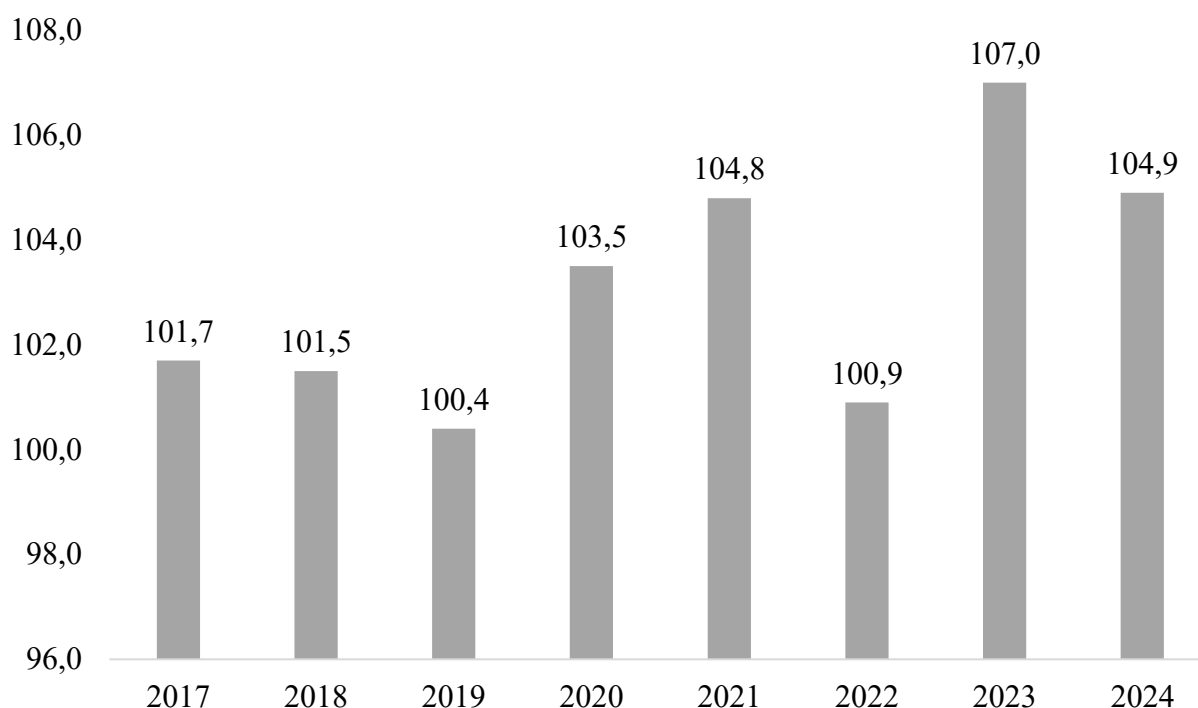


Рисунок 3.1.4 – Динамика индекса производства молока, процент к предыдущему году (построено автором по данным источника: [8686])

Динамика производства молока и продуктов на его основе по его видам отражена в таблице 3.1.1.

Решением проблемы продовольственной безопасности является сублимация молочной продукции и ее трансформация в оптимальный для транспортировки и хранения продукт. В результате сублимирования молочного сырья возможно расширение рынков сбыта фермерской продукции, снижение издержек производителей, обеспечение молоком населения сложных территорий.

Молочная продукция имеет ограниченный срок годности, а также специфические условия хранения и транспортировки, что требует поиска новых технологий транспортировки и хранения продукции для продления ее срока жизнедеятельности. Прежде всего необходимы решения по организации процессов сублимации молочной продукции для централизованной обработки фермерского молока в Республике Татарстан. Вместе с тем, сублимированная молочная продукция не нуждается в специальных условиях хранения. Также

она имеет меньший вес и объем за счет удаления жидкости в процессе сублимации. Это все делает логистические издержки предприятий существенно ниже, а также открывает возможность для доставки и хранения этой продукции в зоны, где невозможно обеспечить специальные условия хранения молочной продукции в обычном виде.

Таблица 3.1.1 – Динамика производства молока и продуктов на его основе по его видам (тыс. тонн) (составлено автором по данным источника: [86])

	2020	2021	2022	2023	2024	2024/2020, %
Молоко, кроме сырого	5536	5596	5760	5700	6019	109
в том числе:						
молоко питьевое пастеризованное	4159	4148	4145	4097	4188	101
молоко питьевое ультрапастеризованное (ультравысокотемпературно обработанное)	1176	1253	1349	1338	1578	134
молоко питьевое топленое	92,4	94,2	94,7	108	112	121
молоко питьевое стерилизованное	88,3	81,6	102	81,3	48,7	55
Сливки	195	238	260	315	366	188
в том числе:						
сливки питьевые	129	153	161	269	290	225
Молоко и сливки сухие, сублимированные	150	160	191	215	198	132
в том числе:						
молоко сухое, сублимированное обезжиренное не более 1,5% жирности	95,2	95,7	111	121	114	120
молоко и сливки сухие, сублимированные, в том числе цельные	55,1	64,3	79,7	93,4	84,5	153
Масло сливочное и пасты масляные	279	283	326	336	334	120
в том числе масло сливочное	277	283	326	336	334	121
Сыры, молокосодержащие продукты с заменителем молочного жира, произведенные по технологии сыра; и творог	1254	1341	1373	1445	1544	123
в том числе:						
творог	487	495	461	452	481	99
сыры	572	648	682	801	860	150

Сублимация осуществляется на специальных устройствах – пищевых сублиматорах. Сублимационное производство активно развивается в России, что будет полностью обеспечивать потребности молокозаводов в данном оборудовании. Из молочной продукции в условиях глубокого вакуума удаляется жидкость, которая в дальнейшем переходит в газообразное, минуя жидкое. Этот процесс не меняет структуру продукта и продукт не теряет своих свойств. В результате молочную продукцию получаем в виде порошка, который можно хранить без холодильных установок. Для возврата сублимированного продукта в естественное состояние нужно всего лишь добавить в него воды согласно применяемой технологии.

В целях организации и внедрения практики сублимирования молочной продукции в Республике Татарстан необходимо провести аудит производственных мощностей предприятий соответствующего функционального назначения, анализ рынка фермерский молочной продукции, оценку потенциала использования сублимационных продуктов. Стоимость работ проекта по развитию практики использования технологий сублимирования молочной продукции, включая аудит производственных мощностей предприятий по производству молочной продукции, анализ рынка фермерский молочной продукции, оценку потенциала использования сублимационных продуктов – 1,5 млн. рублей. Сублимация молочной продукции отечественных производителей направлена на создание технологического суверенитета в сфере пищевой промышленности, а также развитие отечественного машиностроения сублимационной аппаратуры.

Таким образом, производство сублимированной продукции направлено на следующие результаты в различных сферах:

- 1) увеличение жизнедеятельности или срока годности молочной продукции;
- 2) возможность доставки ценных молочных продуктов в сложные социально-экономические районы, включая зону специальной военной операции;

2) снижение расходов на хранение молочной продукции за счет:

- уменьшения площади складских помещений ввиду сокращения объема сублимированной молочной продукции;

- отсутствия необходимости в закупке оборудования для создания специальных условий хранения (например, холодильного оборудования);

3) снижение затрат на транспортировку молочной продукции за счет:

- уменьшения объема перевозок и транспортной работы ввиду сокращения массы и объема сублимированной молочной продукции;

- отсутствия необходимости в использовании специализированного транспорта для создания специальных условий транспортировки и поддержания «холодовой цепи»;

4) развитие рынков сбыта молочной продукции, в том числе в целях эффективной реализации фермерского молока и повышения качества жизни населения в сельских районах;

5) расширение сфер использования молока, например, для животных: отходы предприятий молочной продукции собираются, сублимируются и используются для питания животных [55, 56].

Таким образом, принимая во внимание спектр обозначенных трендов, особенностей и преимуществ использования сублимированного молока в пищевой промышленности, полагаем целесообразным разработать организационно-функциональную модель системы менеджмента качества молочного производства с учетом типологии производственных рисков. Для ее построения применен программный продукт Storm BPMN. Организационно-функциональная модель системы менеджмента качества молочного производства с учетом типологии производственных рисков представлена на рисунке (рисунок 3.1.5).

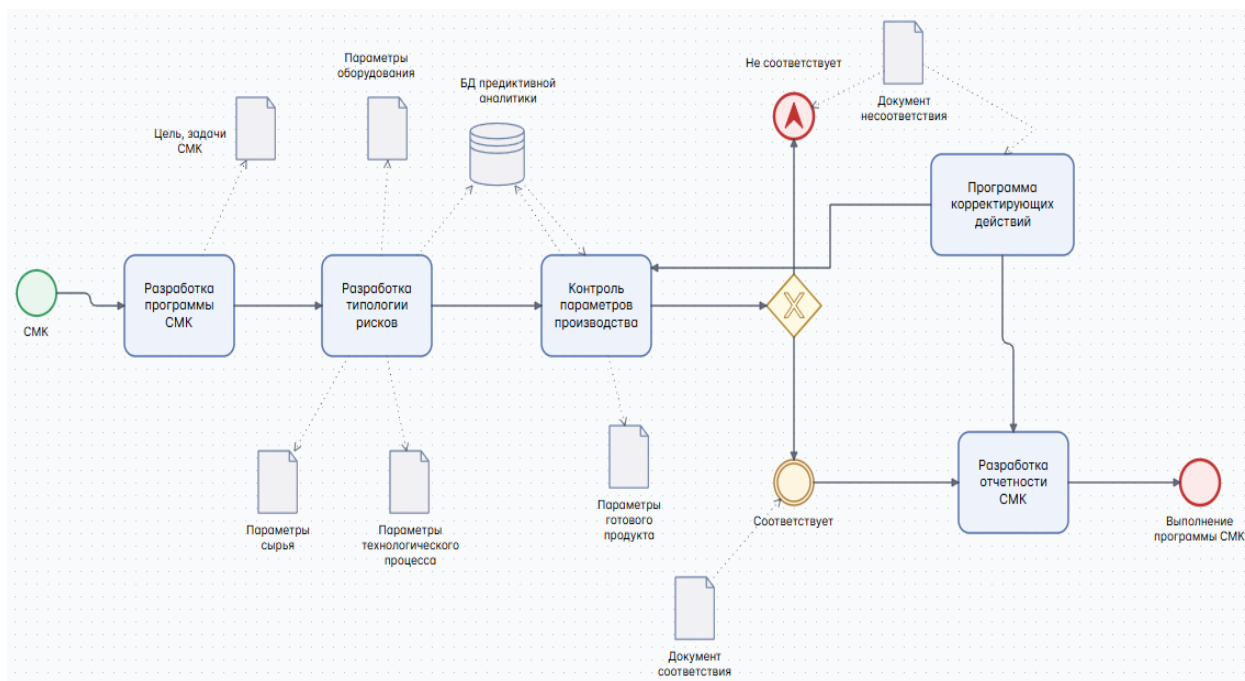


Рисунок 3.1.5 – Организационно-функциональная модель системы менеджмента качества молочного производства с учетом типологии производственных рисков (разработано автором с использованием BPMN)

В основе предложенной организационно-функциональной модели системы менеджмента качества молочного производства с учетом типологии производственных рисков лежит стартовое событие – Система менеджмента качества, которая включает соответствие процесса производства, управления технологией изготовления сублимированного молока, а также конечного продукта требованиям технических стандартов и регламентов, ГОСТов. Принимая во внимания положения данных требования и стандартов на предприятии по производству сублимированного молока разрабатывается программа системы менеджмента качества, в которой фиксируются цель, задачи СМК, инструменты, исполнители и т.д. для данного типа производства [52].

Например, целью такой системы менеджмента качества для предприятия по производству сублимированного молока может быть обеспечение стабильного производства сублимированного молока, которое

соответствует требованиям ГОСТ, отраслевых стандартов и требованиям потребителей, что достигается благодаря внедрению и обеспечению эффективности процессов производства и контроля продукции на всех этапах ее жизненного цикла. Исходя из цели, задачами системы менеджмента качества для предприятия по производству сублимированного молока могут быть выделены следующие:

1) внедрение и поддержание системы контроля качества исходного сырья для производства сублимированного молока, что предполагается достичь установлением критериев приема сырого молока по физико-химическим и биологическим свойствам, разработкой и внедрением процедур входного контроля исходного сырья, проведением лабораторных испытаний и проб, ведением учета и анализа результатов входного контроля исходного сырья;

2) оптимизация технологических процессов производства сублимированного молока для предотвращения риска по снижению его качества в процессе производства, что может быть достигнуто регламентированием всех фаз производственного процесса сублимированного молока, включая пастеризацию, сгущение, замораживание и сублимационную сушку; определение критических контрольных точек и установление для них допустимых параметров контроля качества по температуре, влажности, времени обработки и т.п.; использование системы мониторинга критических контрольных точек производственного процесса с использованием автоматизированных систем учета и предиктивной аналитики; формирование комплекса корректирующих по устранению отклонений критических контрольных точек от допустимых параметров;

3) соблюдение требуемых условий хранения и транспортировки конечной продукции, благодаря установлению и контролю климатических параметров на складе, включая температурный режим и относительную влажность воздуха; разработке требований к упаковке и маркировке сублимированного молока, что позволит обеспечить сохранение его

качественных параметров в процессе хранения и транспортировки; проведению на постоянной основе помещений, где хранится готовая продукция с проверкой ее срока годности, автоматизированный контроль с использованием датчиков температур и влажности воздуха режимов при транспортировке продукции;

4) Соответствие квалификации персонала требованиям к производству, хранению и транспортировке сублимированного молока, включая проведение инструктажа, обучения, повышения квалификации, тренингов по вопросам качества конечной продукции, правил гигиены и санитарных требований, процедур контроля качества и формирования отчетности системы менеджмента качества и т.п.

Далее в организационно-функциональной модели системы менеджмента качества молочного производства с учетом типологии производственных рисков производится разработки типологии рисков с указанием параметров мониторинга критических контрольных точек, результатом чего является установка следующих наиболее значимых параметров:

1) параметры сырья

Температура, °C – [0; 10]

Массовая доля жира, %– 3,5

Плотность, г/см³ – 1,027

Кислотность, °T – 16-18

Группа чистоты, не ниже – 1

Бактериальное обсеменение, тыс. / мл – <300

Содержание соматических клеток, тыс. / мл – 500;

2) параметры технологического процесса

Температура замораживания низкотемпературным воздухом, °C – -50

Температура сублимации в сушильной камере, °C – +25±2

Давление в сушильной установке, Па – 60-75

Продолжительность сушки, часов – 10-15;

3) параметры оборудования

система охлаждения (поддержание температуры $+2...+4$ °C)

герметичность емкости – обязательна

чистота внутренней и внешней поверхности – обязательна

температура пастеризации – $72...85$ °C

точность поддержания температуры – $\pm 0,5$ °C

температура выпаривания – $45...60$ °C

конечная температура продукта – $-30...-40$ °C

диапазон температур нагрева полок при сублимированной сушке – $+36...+80$ °C.

В процессе производства осуществляется контроль указанных критических контрольных точек с формированием базы данных, использующей средства предиктивной аналитики для оперативного выявления отклонений в контрольных параметрах и прогнозирования сбоев в работе оборудования и соответствие требованиям готового продукта должному уровню качества.

Контрольными параметрами выходы готового продукта являются параметры – критические точки контроля сублимированного молока:

Массовая доля влаги, % – не более 4,0

Массовая доля жира, % – $[26,0; 41,9]$

Массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке, %, не менее – 34,0

Массовая доля молочного сахара (лактозы), % – $[40,0; 31,5]$

Индекс растворимости, см^3 сырого осадка, не более – 0,2

Группа чистоты, не ниже – 1

Кислотность, °T (% молочной кислоты) – $[14; 21]$ ($[0,126; 0,189]$).

Если готовый продукт не соответствует заявленным параметрам, то формируется соответствующий документ о несоответствии, в противном случае – документ соответствия.

На заключительном этапе организационно-функциональной модели системы менеджмента качества молочного производства с учетом типологии производственных рисков разрабатывается отчетность системы менеджмента качества установленной формы, принятой на промышленном предприятии по производству сублимированного молока, которая должна включать в обязательном порядке:

- данные о качестве сырья и ингредиентов;
- параметры производственного процесса;
- параметры оборудования;
- результаты лабораторных испытаний и проб;
- выявленную информацию о несоответствии продукции установленным требованиям с указанием причин и корректирующих действий по их устранению;
- информацию о внутренней системе мониторинга и результатах проведения внутреннего аудита.

Таким образом, полагаем, что разработанная организационно-функциональная модель системы менеджмента качества молочного производства с учетом типологии производственных рисков содержит перечень необходимых для эффективной организации и управления производством сублимированного молока перечень функций по планированию, организации, контролю и мониторингу всей технологической цепочки производства, включая формирование и ведение банка данных с инструментарием предиктивной аналитики, что позволит повысить точность, оперативность принятия управленческих решений в вопросах организации производства сублимированного молока с установленными требованиями по его качеству.

3.2 Алгоритм процессов обратной связи в системе управления качеством

Исходя из цели диссертационного исследования полагаем, что алгоритм процессов обратной связи в системе управления качеством целесообразно представить в виде программного кода, отражающего содержание данного алгоритма. Суть алгоритма процессов обратной связи в системе управления качеством состоит в следующем. Контроллер качества вводит в диалоговое окно пошагово показатели качества исходного сырья, технологии производства, состояния оборудования и параметры качества готового продукта. В программе предусмотрены предельные допустимые нормы по каждому из параметров качества, что позволяет комплексно оценить качество готового продукта (выходные параметры качества) исходя из качества входных параметров. Разработку алгоритма процессов обратной связи в системе управления качеством представим на производстве сублимированного молока. В данном алгоритме использованы следующие характеристики, допущения и обозначения [111].

Контроллер или оператор по качеству в диалоговое окно вносит следующие параметры. Как он вводит значение, появляется надпись «соответствует» или «не соответствует» установленной норме. Далее по каждому блоку показателей качества подсчитывается сколько из общего количества параметров соответствует требованиям (нормам).

1 блок показателей качества включает параметры по сырью, их состав и нормативы приведены в таблице (таблица 3.2.1).

Таблица 3.2.1 – Входные параметры качества сырья (составлено автором)

Переменные предиктивной модели	Наименование параметра качества продукта и процесса	Значение параметра (норма)
Качество сырья (X_1)	Параметры качества сырья – коровьего молока 1 сорта	
x_{11}	Температура, °C	[0; 10]
x_{12}	Массовая доля жира, %	3,5
x_{13}	Плотность, г/см ³	1,027
x_{14}	Кислотность, °T	16-18
x_{15}	Группа чистоты, не ниже	1
x_{16}	Бактериальное обсеменение, тыс. / мл	<300
x_{17}	Содержание соматических клеток, тыс. / мл	500

Далее на основе введенных значений определяется, сколько из 7-ми параметров качества сырья соответствует норме.

Диалоговое окно для ввода параметров качества сырья представлено на рисунке (рисунок 3.2.1).

1. Параметры по сырью

Переменные	Параметр	Значение	Статус
Качество сырья (X_1)	Параметры качества сырья — коровьего молока 1 сорта		
X_{11}	Температура, °C		
X_{12}	Массовая доля жира, %		
X_{13}	Плотность, г/см ³		
X_{14}	Кислотность, °T		
X_{15}	Группа чистоты, не ниже		
X_{16}	Бактериальное обсеменение, тыс./мл		
X_{17}	Содержание соматических клеток, тыс./мл		
Соответствует: 0 из 7 параметров			

Рисунок 3.2.1 – Диалоговое окно для ввода параметров качества сырья (разработано автором)

2 блок показателей качества включает параметры по технологии производства, их состав и нормативы приведены в таблице (таблица 3.2.2).

Таблица 3.2.2 – Входные параметры качества технологии производства (составлено автором)

Переменные предиктивной модели	Наименование параметра качества продукта и процесса	Значение параметра (норма)
Технология производства (X_2)	Технологические параметры сушки молока на сублимационной сушилке	
X_{21}	Температура замораживания низкотемпературным воздухом, °C	-50
X_{22}	Температура сублимации в сушильной камере, °C	+25±2
X_{23}	Давление в сушильной установке, Па	60-75
X_{24}	Продолжительность сушки, часов	10-15

Далее на основе введенных значений определяется, сколько из 4-х параметров качества технологии производства соответствует норме.

Диалоговое окно для ввода параметров качества технологии производства представлено на рисунке (рисунок 3.2.2).

2. Параметры по технологии производства

Переменные	Параметр	Значение	Статус
Технология производства (X_2)	Технологические параметры сушки молока на сублимационной сушилке		
X_{21}	Температура замораживания, °C		
X_{22}	Температура сублимации, °C		
X_{23}	Давление в сушильной установке, Па		
X_{24}	Продолжительность сушки, часов		
Соответствует: 0 из 4 параметров			

Рисунок 3.2.2 – Диалоговое окно для ввода параметров качества технологии производства (разработано автором)

3 блок показателей качества включает параметры по состоянию оборудования, их состав и нормативы приведены в таблице (таблица 3.2.3).

Таблица 3.2.3 – Входные параметры качества состояния оборудования
(составлено автором)

Переменные предиктивной модели	Наименование параметра качества продукта и процесса	Значение параметра (норма)
Состояние оборудования (X_3)	Технологические параметры используемого оборудования	
X_{31}	Система охлаждения, °C	[2;4]
X_{32}	Температура пастеризации, °C	[72;85]
X_{33}	Температура выпаривания, °C	[45;60]

Далее на основе введенных значений определяется, сколько из 3-х параметров качества состояния оборудования соответствует норме.

Диалоговое окно для ввода параметров качества состояния оборудования представлено на рисунке (рисунок 3.2.3).

3. Параметры по состоянию оборудования

Переменные	Параметр	Значение	Статус
Состояние оборудования (X_3)	Технологические параметры используемого оборудования		
X_{31}	Система охлаждения, °C		
X_{32}	Температура пастеризации, °C		
X_{33}	Температура выпаривания, °C		
Соответствует: 0 из 3 параметров			

Рисунок 3.2.3 – Диалоговое окно для ввода параметров качества состояния оборудования (разработано автором)

4 блок показателей качества включает параметры по конечному (готовому) продукту, их состав и нормативы приведены в таблице (таблица 3.2.4).

Таблица 3.2.4 – Входные параметры качества готового продукта (составлено автором)

Переменные предиктивной модели	Наименование параметра качества продукта и процесса	Значение параметра
Качество продукции (Y)	Параметры качества цельного сухого молока	
y_1	Массовая доля влаги, %, не более	4,0
y_2	Массовая доля жира, %	[26,0; 41,9]
y_3	Массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке, %, не менее	34,0
y_4	Массовая доля молочного сахара (лактозы), %	[40,0; 31,5]
y_5	Индекс растворимости, см ³ сырого осадка, не более	0,2
y_6	Группа чистоты, не ниже	1
y_7	Кислотность, °T	[14; 21]

Далее на основе введенных значений определяется, сколько из 7-ми параметров качества готового продукта соответствует норме.

Диалоговое окно для ввода параметров качества готового продукта представлено на рисунке (рисунок 3.2.4).

4. Параметры по конечному продукту

Переменные	Параметр	Значение	Статус
Качество продукции (Y)	Параметры качества цельного сухого молока		
y_1	Массовая доля влаги, %, не более		
y_2	Массовая доля жира, %		
y_3	Массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке, %, не менее		
y_4	Массовая доля молочного сахара (лактозы), %		
y_5	Индекс растворимости, см ³ сырого осадка, не более		
y_6	Группа чистоты, не ниже		
y_7	Кислотность, °T		

Соответствует: 0 из 7 параметров

Рисунок 3.2.4 – Диалоговое окно для ввода параметров качества готового продукта (разработано автором)

Интерактивное веб-приложение для проверки качества цельного сухого молока по предиктивной модели выглядит следующим образом.

Описание

Приложение позволяет оператору вводить параметры качества молока и автоматически проверять их соответствие установленным нормам. Валидация происходит в реальном времени при каждом вводе значения.

Включает 4 блока параметров:

Блок 1 — Параметры по сырью (7 параметров)

Блок 2 — Параметры по технологии производства (4 параметра)

Блок 3 — Параметры по состоянию оборудования (3 параметра)

Блок 4 — Параметры по конечному продукту (7 параметров)

Файлы

milk-quality-app/

index.html – главная страница с UI

styles.css – стили приложения

script.js – логика валидации

README.md — документация

Технологии

HTML5

CSS3 (Flexbox)

JavaScript (ES6+)

Запуск

1. Откройте файл index.html в любом браузере
2. Введите значения в поля ввода
3. Результат проверки отображается автоматически:
 - (зелёный) – соответствует норме
 - (красный) – не соответствует норме

Программный код программы качества цельного сухого молока по предиктивной модели представлен в приложении (Приложение 6).

Таким образом, разработанный алгоритм процессов обратной связи в системе управления качеством позволяет в режиме реального времени отслеживать качество поступающего в производство сырья, используемой технологии производства и качество готового продукта, что в свою очередь повышает гибкость управления производством и эффективность принятия управленческих решений.

Таким образом, социальная и экономическая эффективность использования разработанного алгоритма процессов обратной связи в системе управления качеством обуславливается следующими факторами:

- экономия материальных ресурсов при выполнении расчетно-аналитических операций по оценке качества готового продукта на основе входных параметров качества сырья, технологии производства и состояния оборудования, а также повышение точности, прозрачности и оперативности мониторинга эффективности использования ресурсов предприятия (экономический эффект);

- экономия трудозатрат по оценке эффективности производства и качества продукта, разработка единых стандартов оценки качества процессов производства и управления, вписанных в корпоративную и управленческую культуру предприятия (социальная эффективность).

3.3 Разработка имитационной модели для процесса управления качеством сублимационной сушки молока в AnyLogic на основе времени операций и параметров процесса

Для разработки и адаптации практических рекомендаций по выстраиванию системы управления качеством производства сублимированных молочных продуктов была разработана имитационная модель производственной системы с учетом элементов системы управления качеством. В условиях вариабельности режимов работы оборудования и параметров исходного сырья «получение оптимального результата

функционирования производства осуществляется посредством подбора технологических и режимных параметров [4, с.28]» с помощью реализации различных сценариев технологического процесса. При этом важным элементов управления и регулирования технологических параметров производства пищевых продуктов является оперативное управление качеством производимой продукции: «Автоматизация контроля в реальном времени органолептических показателей качества с использованием интеллектуальных технологий и сведение их в единую интегрированную экспертную систему необходима для создания на их основе автоматизированной системы управления технологическими процессами пищевых продуктов [7, с.4]

Имитационное моделирование производственных процессов основано на нескольких подходах к имитационному моделированию [19]:

- дискретно-событийное моделирование существенно сокращает затраты на моделирование сложных систем за счет фиксации состояния системы только в момент возникновения изменяющего ее параметры события;
- процессное моделирование – подход основанные на описанные взаимосвязанных процессов, которые включает производственный процесс, но в случае использования такого подхода не всегда возможно учесть вариативный характер исходных параметров реализации процессов, например, параметры входящего на обработку сырья или производительности и режимов работы оборудования;
- системная динамика дает общее представление о зависимости параметров производственной системы на макроуровне, не позволяя детализировать в достаточной степени ход выполнения процесса и поведение его отдельных элементов;
- агентное моделирование позволяет в достаточной степени учесть особенности изменения параметров отдельных элементов производственного процесса и их взаимное влияние, позволяя отследить, как вариативность параметров отдельных агентов влияет на качество готовой продукции в целом.

Таким образом, в качестве инструмента имитационного моделирования нами был выбран агентный подход. Инструментом моделирования послужила программная среда имитационного моделирования – Anylogic.

Для реализации параметрического регулирования производственного процесса используются различные подходы:

1) в работе [4] автор использует отдельного регулирующего агента: «для регулирования параметров производства, которые могут прямо повлиять на качество функционирования технологического процесса (ТП) производства мармелада, служит специальный агент регулировщик. Данный агент представляет собой набор параметров, описывающих необходимые функции реализации» [4, с.31]. Такой подход позволяет объединить управляемые параметры технологического процесса, что обеспечивает упрощение процесса имитационного моделирования, однако не всегда возможно объединить все управляемые параметры производства в одном агенте модели, в некоторых случаях необходимо задавать технологические параметры на уровне оборудования;

2) другой подход предполагает осуществление управляющего воздействия через изменение параметров агентов, в том числе в зависимости от изменения параметров других агентов [116, 59] и др.

Для решения задач имитационного моделирования процесса управления качеством сублимационной сушки молока реализован процессный подход, описывающий основные этапы производственного процесса и процессов контроля и управления качеством, с элементами агентного моделирования для имитации объектов обработки.

Целью разработки такой модели является сценарное моделирование с целью прогнозирования ключевых показателей качества готовой продукции и оценки производственных рисков. Границы модели определены элементами производственной системы от участка поступления сырья в обработку до участка передачи готовой продукции на склад готовой продукции.

В рамках сбора аналитических данных были систематизированы основные параметры производственной системы в части:

- структура технологических операций и их временные параметры;
- перечень задействованного производственного оборудования и параметры его производительности;
- штатное расписание задействованных в производственном процессе сотрудников;
- физико-химические свойства перерабатываемого сырья;
- перечень исследуемых параметров качества готовой продукции;
- данные о погрешности измерительных устройств и методик.

В основе разработанной имитационной модели лежит технологический процесс и система управления качеством, описанная в [85], где описана последовательность выполняемых операций и источники рисков качества продукции. Построенная модель представлена на рисунке 3.3.1.

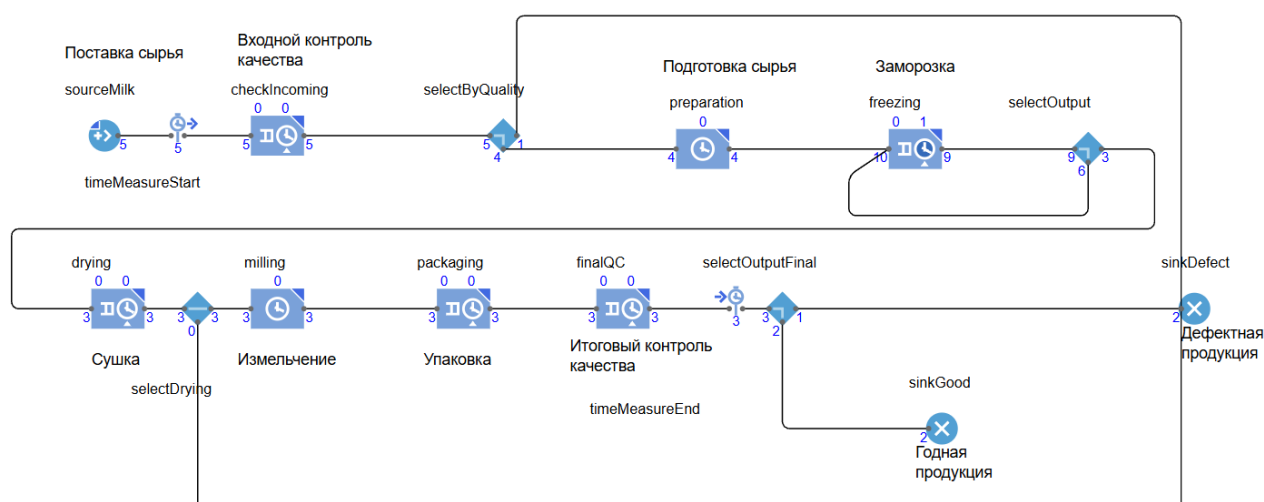


Рисунок 3.3.1 – Имитационная модель системы управления качеством производства сублимированной молочной продукции (разработано автором)

Рассмотрим основные процессы модели:

- блок генерации поставок сырья sourceMilk (типа Source) генерирует поток сырья с заданным интервалом поступления, имитируя поставку

молочного сырья на производство. Интенсивность поступления установленная в модели предполагает поставку до 5 партий сырья в сутки;

- блок входного контроля сырья `checkIncoming` (типа `Service`) имитирует процесс лабораторного анализа свойств сырья по параметрам температура, кислотность, плотность. Время контроля установлено на основе фотографии рабочего времени реального процесса и определен законом равномерным законом распределения;

- блок подготовки сырья `preparation` (типа `Delay`) отражает время на подготовку сырья к последующим производственным этапам, включающее очистку, нормализацию, пастеризацию. Длительность данного этапа определена треугольным законом распределения;

- блок замораживания сырья `freezing` (типа `Service`) отражает длительность заморозки сырья, которая определена в модели на основе равномерного закона распределения. Для данного процесса предполагается процедура контроля достигнутой температуры, которая описана блоком `selectOutput`. Если достигнута температура $< -40^{\circ}\text{C}$ – производственный процесс переходит на следующий этап, в противном случае процесс продолжается;

- блок сублимационной сушки замороженного сырья в сушильной камере `drying` (типа `Service`) также описан треугольным законом распределения длительности;

- блок измельчения высушенного молока `milling` (типа `Delay`), длительность выполнения которого описана нормальным законом распределения;

- блок упаковки и маркировки сухого молока `packaging` (типа `Service`) описан экспоненциальным законом распределения, так как тут играет также роль фактор наличия упаковочного сырья;

- блок выходного контроля `finalQC` (типа `Service`) описывает время выполнения лабораторного контроля качества готовой продукции по органолептическим и физико-химическим характеристикам.

Альтернативный характер процедур контроля качества описаны блоками SelectOutput, которые имитируют вариативность принятия решений при оценке качества продукции (годен/ негоден). В модели описано 4 процедуры контроля качества данного типа:

- входной контроль качества selectByQuality, который отражает процедуру контроля качества поступившего на обработку сырья с целью отбраковки его по параметрам температура, кислотность, плотность, которые влияют не только на оценку пригодности сырья для производства, но и определяют предварительную плановую длительность отдельных производственных процессов;
- контроль температуры после охлаждения selectOutput, который предполагает контроль достижения необходимой температуры заморозки сырья для последующей сушки;
- контроль уровня влажности сырья после сублимационной сушки selectDrying предполагает контроль влажности сырья - сухое молоко должно иметь влажность $\leq 4\%$ по ГОСТ 33629–2015 «Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия» [27];
- финальный контроль качества произведенной продукции selectOutputFinal, который предполагает оценку качества готовой продукции и допуск ее к реализации.

В рамках модели используются ресурсы: человеческие (оператор упаковочной линии и лаборант) и производственные (шкаф для заморозки, сушильный шкаф, упаковочная линия) (рисунок 3.3.2).

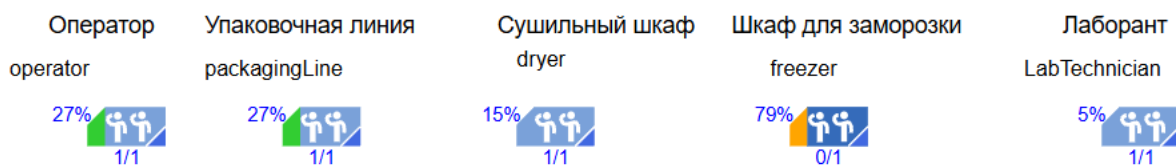


Рисунок 3.3.2 – Имитация использования производственных ресурсов в модели (разработано автором)

Целью применения имитационной модели является оценка показателей производственного процесса и параметров качества функционирования модели, а также оценки влияния различных параметров производственной системы на указанные параметры. Для этого модель описывает указанные параметры с помощью графиков. Комплекс диаграмм, отражающих динамику указанных параметров в процессе моделирования включает три блока: динамика временных параметров производственного процесса, загрузка производственных ресурсов и динамика параметров качества продукции.

На рисунке 3.3.3 представлен график распределения длительности производственного процесса. Можно наблюдать, что в соответствии с установленными параметрами длительности процессов средняя длительность составляет 18,76 часов.



Рисунок 3.3.3 – Распределение длительности производственного цикла
(разработано автором)

Также модель позволяет оценить использование производственных ресурсов (рисунок 3.3.4). Данные графики отражают использование производственного оборудования и человеческих ресурсов, что позволяет оценить не только загрузки указанных ресурсов, но и ее изменением с течением времени, позволяя выявить «узкие места» производственной

системы, а также избыточные ресурсы, что позволяет находить резервы повышения эффективности производственного предприятия.

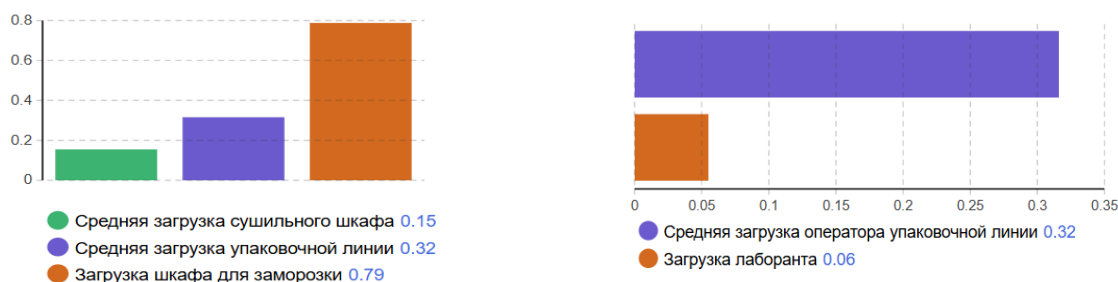


Рисунок 3.3.4 – Динамика использования производственных ресурсов предприятия (разработано автором)

Заключительным элементом графической части модели является оценка показателей качества произведенной продукции (рисунок 3.3.5).



Рисунок 3.3.5 – Динамика изменения показателей качества продукции (разработано автором)

Для построения указанных графиков и сбора необходимой статистики были использованы переменные:

– `rejectedIncoming` – объем продукции, отбракованной при входном контроле сырья, данная переменная увеличивалась при выходе бракованной продукции из блока `selectByQuality`;

– rejectedDrying – объем продукции, отбракованной после процесса сушки, переменная увеличивается при выходе бракованной продукции из блока selectDrying;

– rejectedFinal – объем продукции, отбракованной на этапе итогового выходного контроля качества готовой продукции, переменная увеличивается при выходе бракованной продукции из блока selectOutputFinal;

– totalAgents – общее количество объектов, прошедших через систему, данная переменная увеличивается при генерации агентов блоком sourceMilk.

При построении модели производственной линии по переработке молока в сублимированный продукт был принят ряд технологических допущений, обусловленных как доступностью исходных данных, так и самой природой имитационного моделирования. Прежде всего, модель предполагает, что всё поступающее сырьё - молоко - является однородной средой, то есть не учитывается возможная вариабельность внутри одной партии. На практике молоко, поступающее от разных поставщиков или даже из разных танков одного хозяйства, может существенно различаться по жирности, плотности, содержанию сухих веществ и бактериальной обсеменённости. В модели эти различия учитываются только на этапе входного контроля, где заложена вероятность отклонения параметров от нормы. Однако после того, как партия признана годной, её свойства считаются неизменными на всём протяжении технологической цепочки. Это допущение упрощает расчёты, но несколько снижает точность прогнозирования качества готового продукта, особенно в части его органолептических характеристик.

Следующим важным допущением является пренебрежение временем транспортировки между операциями. В реальном производстве перемещение партий молока или полуфабриката из одного цеха в другой может занимать от нескольких минут до получаса, особенно на крупных предприятиях с развитой инфраструктурой. Однако анализ показал, что по сравнению с длительностью основных операций - заморозки (до полутора часов) и сушки (до восьми часов) - время на внутрицеховую логистику составляет менее процента от общего

цикла. Поэтому включение его в модель привело бы к неоправданному усложнению без значимого прироста точности. Тем не менее, при масштабировании модели на более длинные производственные цепочки или при моделировании работы распределённого предприятия – это допущение потребует пересмотра.

Особого внимания заслуживает допущение о непрерывности работы оборудования в пределах заданного времени обработки. В модели заложено, что сушильная камера, морозильный шкаф, упаковочная линия и другие агрегаты работают без сбоев и остановок на время технического обслуживания. Реальная производственная среда, особенно в молочной отрасли, характеризуется необходимостью регулярной санитарной обработки оборудования. Для сушильных камер и морозильных аппаратов такие процедуры могут занимать от одного до трёх часов и проводиться после каждой партии или по расписанию. Отсутствие в модели учёта времени на санитарную обработку приводит к завышению расчётной производительности линии. В перспективе это ограничение может быть устранено введением периодических простоев оборудования с заданной продолжительностью и частотой.

Ещё одним технологическим допущением является линейная зависимость времени обработки от объёма партии. В модели время заморозки, сушки и измельчения задано как константа или случайная величина, но не зависит от количества продукта в камере. В действительности, особенно для сублимационной сушки, время достижения целевой остаточной влажности сильно зависит от толщины слоя продукта и его начальной влажности. Более толстый слой требует более длительной сушки, и эта зависимость не является линейной. Модель, в которой время сушки не привязано к массе загруженного продукта, может давать некорректные результаты при моделировании работы с партиями разного объёма. Для устранения этого ограничения потребовалось бы введение нелинейной функции, аппроксимирующей реальную кинетику

сушки, что выходит за рамки текущей версии модели, но может быть реализовано в будущем.

В ходе работы с моделью были проведены серии экспериментов, позволившие выявить диапазоны входных параметров, в которых модель демонстрирует устойчивое поведение, а также границы, за которыми результаты становятся недостоверными. Прежде всего, модель корректно работает при интервалах поступления сырья от 180-300 минут. При интервалах короче 5 часов (то есть при поступлении более шести партий в час) начинает накапливаться неограниченная очередь перед входным контролем, что свидетельствует о том, что пропускная способность контрольного поста и последующих этапов становится недостаточной. Хотя математически модель продолжает работать, такие сценарии не имеют практического смысла, поскольку на реальном предприятии поступление сырья с такой интенсивностью потребовало бы расширения штата лаборантов и увеличения числа сушильных камер. Верхняя граница - 300 минут - обусловлена соображениями допустимого времени хранения сырого молока перед переработкой. При более редких поставках молоко может прокиснуть или потерять технологические свойства, однако в модели этот эффект не учитывается, поэтому результаты для интервалов более трёх часов следует интерпретировать с осторожностью.

Для времени заморозки модель демонстрирует устойчивость в диапазоне от 30 до 150 минут. Нижняя граница определена физикой процесса: шоковая заморозка молока до температуры, необходимой для последующей сублимации, не может занимать менее получаса даже в самом эффективном оборудовании. Верхняя граница выбрана исходя из экономической целесообразности: заморозка дольше двух с половиной часов приводит к неоправданно длинному производственному циклу и, по данным экспериментов, не даёт значимого улучшения качества продукта. При выходе за эти пределы модель продолжает работать, но рассчитанные показатели

эффективности (например, количество выпущенных упаковок в смену) перестают соответствовать реально достижимым значениям.

Наиболее узкий диапазон применимости модель демонстрирует по параметрам, связанным с вероятностью брака на различных этапах. Вероятности отбраковки от 0 до 0,3 (то есть до 30 процентов) дают статистически значимые результаты при прогоне модели на 1000 и более партий. При более высоких значениях брака, например, при 50 процентах, модель становится чрезмерно чувствительной к начальным условиям: небольшое изменение генератора случайных чисел может привести к изменению итогового выхода годной продукции на 15-20 процентов. Это связано с тем, что при высокой доле брака существенно изменяется загрузка оборудования, особенно на этапах контроля, и система переходит в режим, для которого она не была оптимизирована. Для исследования сценариев с очень высоким уровнем брака рекомендуется предварительно перенастроить параметры ресурсов.

Важным ограничением модели является её неспособность корректно отражать динамику при варьировании количества ресурсов на этапе сушки. В текущей версии заложено, что сушильная камера обрабатывает одну партию за раз. Если увеличить количество сушильных камер до двух и более, модель потребует существенной доработки логики распределения партий между камерами, а также введения очередей перед ними. Без такой доработки увеличение числа камер модель начнёт создавать несколько параллельных процессов, но без корректного управления потоками это может вызвать конфликты в использовании общих ресурсов (например, операторов, обслуживающих несколько камер). Поэтому текущая версия модели рекомендуется для исследования линий с единичным экземпляром основного оборудования.

С точки зрения управления производством, модель позволяет получить несколько выводов, которые не очевидны при статическом анализе. Первый вывод касается эффекта от увеличения скорости работы упаковочной линии.

Интуитивно может показаться, что чем быстрее упаковка, тем лучше. Однако модель показывает, что после достижения определённой скорости дальнейшее ускорение упаковки перестаёт влиять на общую производительность линии, поскольку узким горлышком становятся предыдущие этапы - сушка или измельчение. Более того, излишне быстрая упаковка может создавать нежелательный эффект «дёргающегося» потока: периоды интенсивной работы сменяются длительными простоями в ожидании следующих партий из сушки. Это приводит к нестабильной загрузке персонала и повышенному износу оборудования из-за частых пусков и остановок. Оптимальная скорость упаковки, по данным модели, должна быть на 20-30 процентов выше пропускной способности предыдущего этапа, но не более.

Второй вывод касается взаимосвязи между ужесточением требований на выходном контроле и общей эффективностью производства. Если вероятность отбраковки годной продукции на финальном контроле (так называемая ошибка первого рода) снижается с 5 до 1 процента, модель показывает падение производительности всего на 2-3 процента, поскольку абсолютное большинство партий всё равно успешно проходят контроль. Однако если при этом не пересматриваются критерии на входном контроле, возникает скрытый риск - повышается вероятность пропуска дефектного сырья, которое затем вызовет брак на более дорогих этапах - сушке или упаковке. Модель позволяет количественно оценить этот риск и предлагать сбалансированную стратегию контроля качества: ужесточение критериев на ранних этапах приносит больше пользы, чем на поздних, потому что предотвращает затраты ресурсов на заведомо негодную продукцию.

Третий вывод относится к управлению запасами незавершённого производства. Модель демонстрирует, что при случайном характере длительности заморозки и сушки даже при одинаковых средних значениях возникают флуктуации, ведущие к временному накоплению полуфабриката перед измельчением. Этот феномен, известный в теории массового обслуживания как «эффект накопления дисперсии», приводит к тому, что

максимальная длина очереди может в несколько раз превышать среднюю. Для предприятия это означает необходимость иметь резервные площади для временного хранения, что увеличивает капитальные затраты. Модель позволяет оценить необходимую вместимость таких буферных зон с заданным уровнем надёжности.

С методологической точки зрения, модель реализует дискретно-событийный подход, который наиболее адекватен для описания производственных процессов с последовательной обработкой дискретных партий. Однако этот же подход накладывает ограничения на моделирование непрерывных процессов, таких как изменение влажности продукта во время сушки или изменение температуры во время заморозки. В реальности эти процессы непрерывны, и решение о завершении операции принимается на основе показаний датчиков, а не по истечении фиксированного времени. В текущей версии модели время обработки задаётся априорно, что может приводить к систематической ошибке: если реальная сушка закончилась бы раньше, оборудование могло бы быть освобождено для следующей партии. Для устранения этого ограничения требуется переход к гибриднему моделированию, сочетающему дискретные события (поступление партий, передача между этапами) с непрерывной динамикой (изменение состояния продукта). Такой подход потребовал бы использования систем дифференциальных уравнений для кинетики сушки, что кратно увеличивает вычислительную сложность, но в ряде случаев оправдано, особенно при моделировании продуктов с критическими требованиями к остаточной влажности.

Другим методологическим ограничением является отсутствие в модели учёта человеческого фактора, помимо формальной загрузки операторов. В реальном производстве на молочных предприятиях работа персонала связана с необходимостью визуального контроля качества, принятия решений в нештатных ситуациях, а также с естественными колебаниями производительности в течение смены - так называемой кривой

работоспособности. Модель, в которой все операторы взаимозаменяемы и работают с постоянной эффективностью, не может отразить такие явления, как повышенный брак в конце смены или замедление работы при высокой загрузке. Для учета этих факторов потребовалось бы введение агентного моделирования, где каждый оператор описывается как отдельный агент с собственными характеристиками (утомляемость, опыт, мотивация). Это значительно усложнило бы модель, но позволило бы исследовать, например, влияние графиков сменности и перерывов на общую производительность.

Наконец, текущая версия модели не учитывает сезонные колебания свойств сырья. Молоко, поступающее на переработку летом и зимой, различается по жирности, белковому составу и кислотности. Это, в свою очередь, влияет и на режимы сублимационной сушки, и на вероятность брака. Модель, ориентированная на средние годовые показатели, может давать систематическое смещение оценок для летних или зимних месяцев. Для устранения этого недостатка в модель могут быть введены сезонные коэффициенты, меняющие распределения входных параметров в зависимости от времени года в модельном времени. Такое улучшение особенно актуально, если модель используется для планирования производства на год вперёд или для оценки экономической эффективности с учётом сезонных колебаний цен на сырьё и готовую продукцию.

На основе проведённого анализа могут быть сформулированы следующие практические рекомендации для технологического и управленческого персонала молокоперерабатывающих предприятий. Первая рекомендация касается режима работы сушильного оборудования. Оптимальный компромисс достигается при таком режиме, при котором время цикла сокращается не более чем на 5 процентов по сравнению с базовым, а риск появления дефектов по органолептическим показателям не превышает 2 процентов. Для каждого конкретного типа продукции - цельное молоко, обезжиренное, с добавками - эта точка оптимума может различаться, и модель позволяет её найти без затратных натурных экспериментов.

Вторая рекомендация относится к организации входного контроля. Модель убедительно демонстрирует, что увеличение числа проверяемых показателей с трёх (температура, кислотность, плотность) до пяти (добавление бактериальной обсеменённости и содержания соматических клеток) при сохранении того же времени на контроль приводит к росту очереди и увеличивает общее время производственного цикла на 12-15 процентов. Выигрыш же в снижении брака на последующих этапах составляет лишь 3-4 процента, поскольку основные причины брака лежат не во входных параметрах, а на этапах сушки и измельчения. Таким образом, экономически целесообразно сохранить объём входного контроля в текущем объёме, а инвестиции направить на модернизацию сушильного оборудования, что даст более существенный эффект.

Третья рекомендация касается управления запасами готовой продукции. Модель позволяет рассчитать оптимальный размер страхового запаса на складе, необходимый для обеспечения бесперебойных отгрузок потребителям при случайных колебаниях производительности. Эти расчёты могут быть непосредственно использованы службой логистики и снабжения при планировании складских мощностей и графика отгрузок.

Таким образом, разработанная имитационная модель технологического процесса производства сублимированного молока позволяет адекватно отражать динамику обработки партий сырья на всех этапах — от входного контроля до финальной упаковки. Модель демонстрирует устойчивую работу в широком диапазоне входных параметров и даёт количественные оценки ключевых показателей эффективности: загрузки оборудования, процента брака на различных этапах, времени производственного цикла и итогового выхода годной продукции.

Проведённые эксперименты выявили, что наиболее критическими с точки зрения влияния на общую производительность являются этапы сублимационной сушки и заморозки, тогда как упаковка и измельчение при правильно подобранных параметрах не создают «узких горлышек».

Установлено, что ужесточение требований на ранних этапах контроля качества (входной контроль) экономически более эффективно, чем аналогичное ужесточение на выходе, поскольку предотвращает неоправданные затраты ресурсов на заведомо дефектные партии.

Модель также показала наличие значимых стохастических эффектов: даже при одинаковых средних значениях длительности операций возникают флуктуации, приводящие к накоплению незавершённого производства перед этапами с наибольшей дисперсией времени обработки. Этот результат имеет прямое практическое значение для проектирования промежуточных складских ёмкостей.

В целом, модель может служить инструментом для обоснования управленческих решений по оптимизации производственной линии, выбора рациональных режимов работы оборудования и оценки влияния колебаний качества сырья на итоговый выход годной продукции. Выявленные ограничения модели (отсутствие учёта непрерывной кинетики процессов, сезонных колебаний, человеческого фактора) не препятствуют её использованию в рамках заявленных допущений, но указывают направления для последующего развития и уточнения.

Выводы по главе 3

По результатам исследования, представленных в третьей главе, получены следующие выводы.

1. Выявлена тенденция устойчивого роста объемов производства молока и сублимированной молочной продукции, как в Российской Федерации, так и в Республике Татарстан.

2. Разработана организационно-функциональная модель системы менеджмента качества молочного производства с учетом типологии производственных рисков, в основе которой находится стартовое событие – Система менеджмента качества, которая включает соответствие процесса

производства, управления технологией изготовления сублимированного молока, а также конечного продукта требованиям технических стандартов и регламентов, ГОСТов. Данная модель содержит перечень необходимых для эффективной организации и управления производством сублимированного молока перечень функций по планированию, организации, контролю и мониторингу всей технологической цепочки производства, включая формирование и ведение банка данных с инструментарием предиктивной аналитики, что позволит повысить точность, оперативность принятия управленческих решений в вопросах организации производства сублимированного молока с установленными требованиями по его качеству.

3. Разработан алгоритм процессов обратной связи в системе управления качеством, который содержит 4 блока параметров качества – по готовому продукту, сырью, технологии производства и состоянию оборудования, а также порядок операций для контроллера (оператора) по качеству. Для данного алгоритма разработано интерактивное веб-приложение для проверки качества цельного сухого молока по предиктивной модели, которое позволяет оператору вводить параметры качества молока и автоматически проверять их соответствие установленным нормам.

4. Разработана имитационная модель технологического процесса производства сублимированного молока позволяет адекватно отражать динамику обработки партий сырья на всех этапах — от входного контроля до финальной упаковки. Проведенные эксперименты выявили, что наиболее критическими с точки зрения влияния на общую производительность являются этапы сублимационной сушки и заморозки, тогда как упаковка и измельчение при правильно подобранных параметрах не создают «узких горлышек». Установлено, что ужесточение требований на ранних этапах контроля качества (входной контроль) экономически более эффективно, чем аналогичное ужесточение на выходе, поскольку предотвращает неоправданные затраты ресурсов на заведомо дефектные партии. Модель также показала наличие значимых стохастических эффектов: даже при

одинаковых средних значениях длительности операций возникают флуктуации, приводящие к накоплению незавершённого производства перед этапами с наибольшей дисперсией времени обработки. Этот результат имеет прямое практическое значение для проектирования промежуточных складских ёмкостей.

4 ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ПО РАЗВИТИЮ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ПРОИЗВОДСТВА СУБЛИМИРОВАННОЙ МОЛОЧНОЙ ПРОДУКЦИИ

4.1 Разработка технического описания порядка выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков

Необходимость разработки технического описания порядка выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков обусловлена усложнением технологических процессов на современных промышленных предприятиях, ужесточением требований к качеству конечной готовой продукции, а также нарастанием неопределенности во внешней и внутренней среде предприятий, что провоцирует усиление рисков во ведении производственно-хозяйственной деятельности. В круге обозначенных проблемных вопросов особую актуальность приобретает встраивание диагностики рисков на основе использования инструментов предиктивной аналитики в систему менеджмента качества промышленного предприятия.

Следует отметить, что в основе предиктивной аналитики рисков лежит ретроспективный анализ, который содержит накопленную информацию о протекании процесса в прошлом, а также показателях, идентифицирующих данный процесс. Это позволяет накапливать данные, выявлять зависимости между показателями, идентифицировать закономерности и строить прогнозы о возможных сбоях/отказах/несоответствиях. В этой связи система менеджмента качества предприятия дает возможность:

- 1) определять критические точки производственного процесса;
- 2) рассчитывать вероятность и возможные последствия наступления неблагоприятного события;
- 3) оптимизировать ограниченные ресурсы для устранения негативных последствий;

4) повысить уровень надежности производственных операций.

Основное назначение организации процесса управления рисками в системе менеджмента качества предприятия – это определение порядка действий. Согласно стандарту ГОСТ Р ИСО 31000 управление рисками в системе менеджмента качества предприятия следует осуществлять по следующему алгоритму, описание которого представлено на рисунке (рисунок 4.1.1).

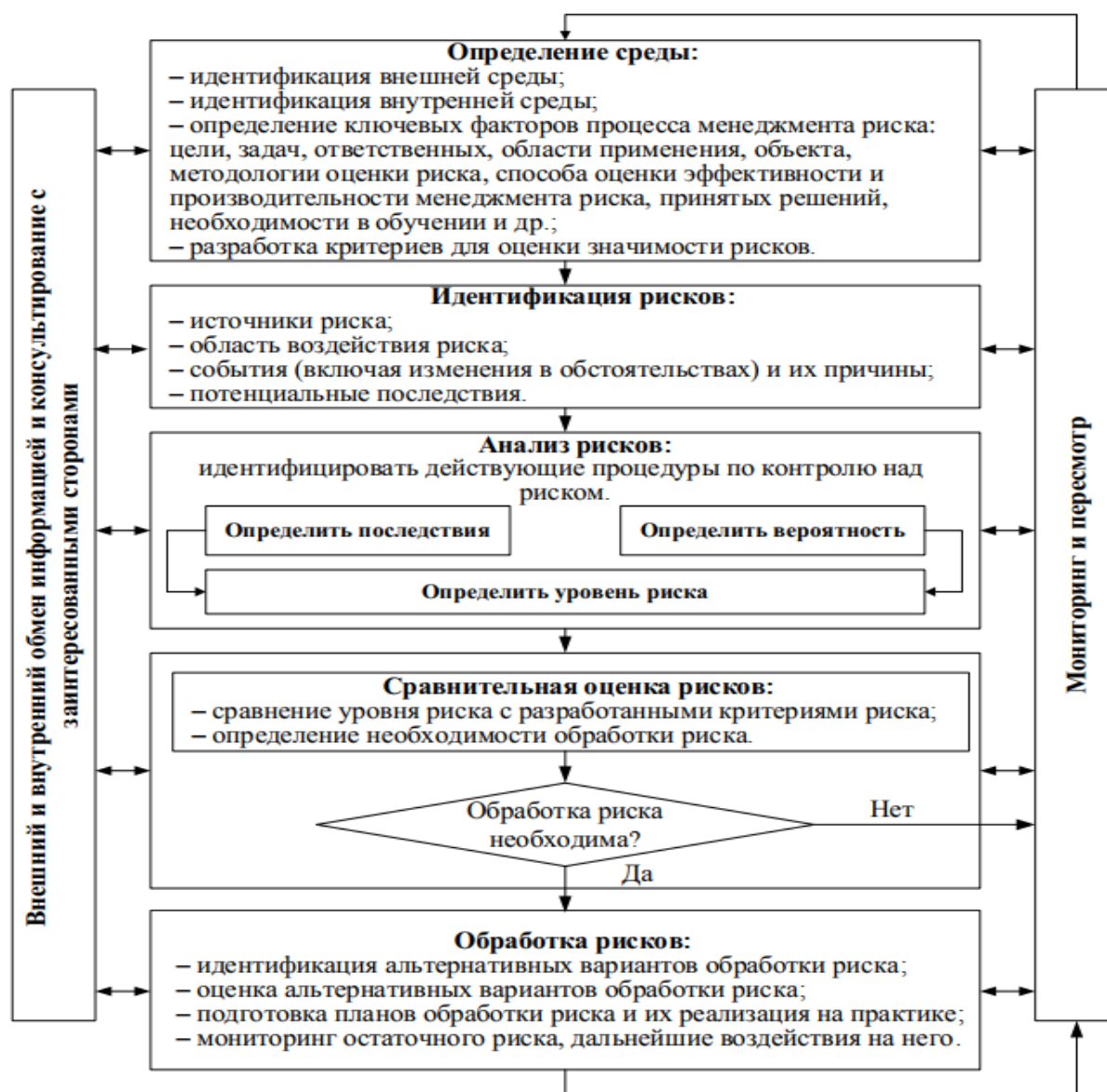


Рисунок 4.1.1 – Алгоритм процесса управления рисками в системе менеджмента качества предприятия [29, 73, С. 28]

Таким образом, технический регламент порядка выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков описывает порядок выполнения процессов в системе менеджмента качества с использованием методов предиктивной аналитики рисков. Технический регламент распространяется на все структурные подразделения предприятия, которые ответственны за обеспечение качества выпускаемого конечного продукта [58].

Нормативным обеспечением технического регламента порядка выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков выступают:

- ИСО 9001:2015 «Системы менеджмента качества. Требования»;
- ИСО 31000:2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководящие указания»;
- внутренние стандарты предприятия по управлению качеством выпускаемой продукции и управлению рисками.

Введем основные понятия и определения технического регламента порядка выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков:

Система менеджмента качества – это набор процессов, регламентов, механизмов и процедур, имеющих место на промышленном предприятии, совокупное действие которых ориентировано на непрерывное улучшение качества выпускаемой продукции и самих процессов производства и управления.

Применительно к объекту диссертационного исследования, уместным видится ввести понятие системы менеджмента качества применительно к пищевой промышленности.

Система ХАССП (НАССР – Hazard Analysis and Critical Control Points) – система управления безопасностью продукции пищевой индустрии, которая принята на международном уровне, в основе которой находится анализ рисков

и управление критическими точками на всех этапах жизненного цикла пищевой продукции.

Риск – вероятность наступления неблагоприятного события, которое нарушает режимы нормального функционирования промышленного предприятия, ухудшая качество процессов производства и управления, а также конечной продукции.

Предиктивная аналитика (диагностика) – построение прогностических сценариев возможных сбоев/отказов/несоответствий в работе оборудования, качестве продукции и т.п., которые базируются на ретроспективных данных и текущих индикаторах.

Предупреждающее действие – действие, которое предпринимает предприятие в лице ответственного исполнителя или руководителя для выявления причины сбоев/отказов/несоответствий в работе оборудования, качестве продукции и т.п. с последующим ее устранением.

Обозначим зоны ответственности лиц и структурных подразделений в техническом регламенте порядка выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков:

Руководитель системы менеджмента качества – руководство предприятия на уровне высшего звена, которое руководит процессом менеджмента качества, утверждает регламенты, внутренние стандарты и отчеты.

Отдел контроля качества – осуществляет сбор, систематизацию и аналитику данных, формирует прогностические модели, разрабатывает первичные управленческие решения.

Производственно-технологические структурные подразделения – предоставляют первичные данные о ходе протекания процесса, проводят превентивные мероприятия в случае наступления рискованного события.

Лаборатории – проводят сбор и анализ проб качества продукции, сплошной или выборочный контроль испытываемых образцов.

Информационно-технические службы – обеспечивают работу корпоративных информационных систем, проводят интеграцию и «сшивание» данных для построения прогностических моделей, интегрируют в единую систему алгоритмы предсказаний.

Порядок выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков представляет собой совокупность последовательных действий, состав которых визуализирован на схеме (рисунок 4.1.2).

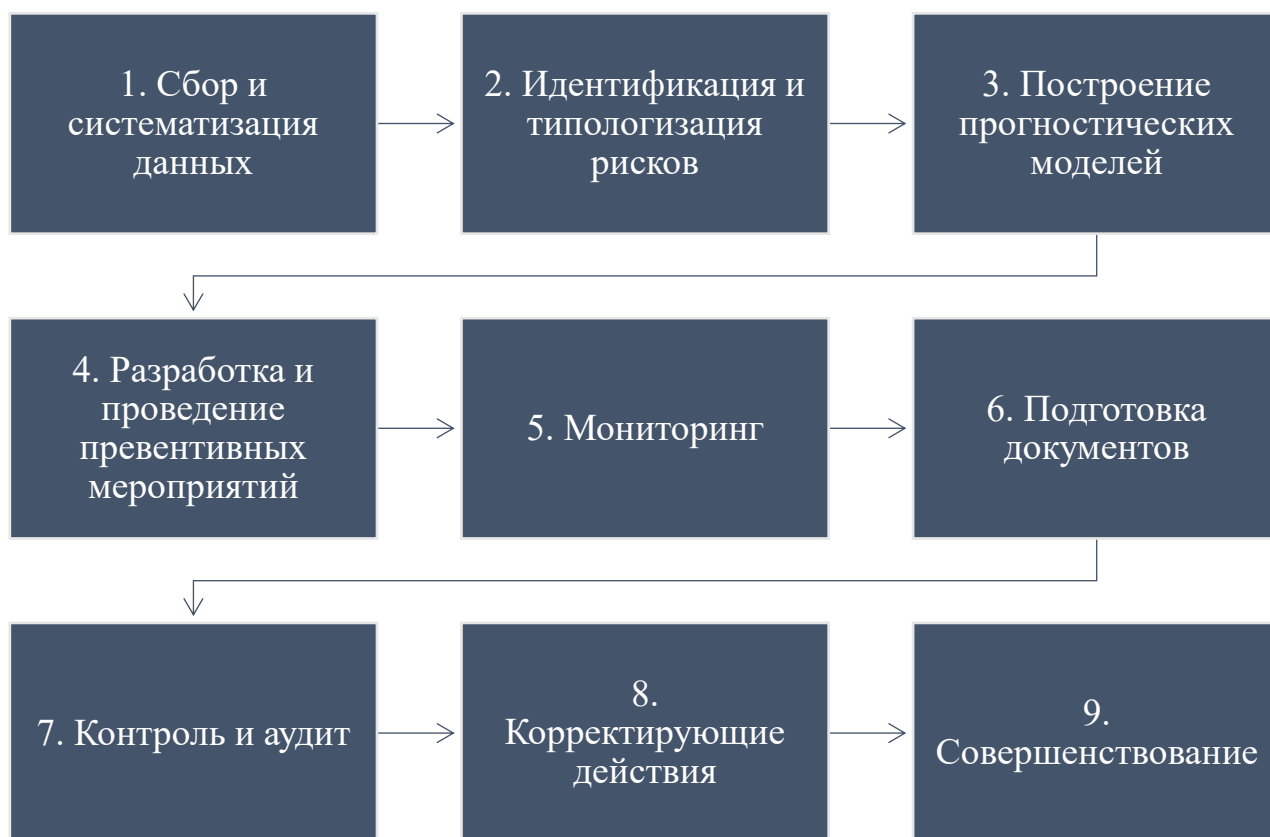


Рисунок 4.1.2 – Алгоритм выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков (разработано автором)

1. На первом этапе алгоритма выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков осуществляется *сбор и систематизация данных*. Для этого необходимо:

- сформировать совокупность процессов системы менеджмента качества, которые будут подвержены предиктивной аналитике;
- определить первоисточники для получения данных (данные от поставщиков сырья, оборудования; результаты проведенного аудита или контрольных инспекций; обратная связь от потребителей готовой продукции; результаты лабораторных испытаний; показания датчиков работы оборудования; журналы учета брака и дефектов и т.п.);
- обеспечить автоматизированный сбор данных в единой информационной системе предприятия;
- провести оценку качества собранных данных на предмет наличия выбросов, ошибок и т.п. с последующим их исключением.

2. На втором этапе – *идентификация и типологизация рисков* – следует определить виды рисков и сделать их оценку. Для этого необходимо:

- сформировать перечень всевозможных рисков;
- провести оценку рисков по вероятности возникновения и следствиям, представив результаты в виде карты рисков. Макет карты риска по вероятности возникновения и следствиям представлен на рисунке, где выделяются три зоны риска:

«зеленая зона», когда риск незначительный и не требует отображения в процессе;

«желтая зона», когда в процессе должен быть отображен контроль и мониторинг данного вида риска и инструментов реагирования на него;

«красная зона», когда требуется изменение процесса для уменьшения или ликвидации риска (рисунок 4.1.3);

Вероятность возникновения Следствия	Низкая	Средняя	Высокая	Очень высокая
Малые				
Заметные				
Существенные				
Большие				

	По возможности, процесс должен быть изменен таким образом, чтобы устранить или уменьшить этот риск
	В процесс должны быть включены действия по мониторингу реализации этого риска и реагирования на него
	Риск не нуждается в отображении в процессе

Рисунок 4.1.3 – Макет карты риска по вероятности возникновения и следствиям [43]

- провести классификацию рисков по вероятности возникновения (Р – от 0 до 1), серьезности пострисковых последствий по десятибалльной шкале (S – от 1 до 10) и уровню обнаружения по десятибалльной шкале (D – от 1 до 10);
- рассчитать приоритетное число риска (ПЧР), используя формулу с произведением вероятности, серьезности и уровню обнаружения риска:

$$\text{ПЧР} = P \times S \times D \quad (4.1.1)$$

- ранжировать риски по убыванию значения приоритетного числа риска
- от максимального к минимальному значению.

3. На третьем этапе – *построение прогностических моделей* необходимо:

- выбрать метод построения прогностической модели (регрессионный анализ, модель ARIMA, методы машинного обучения (нейронные сети, деревья решений и т.п.), либо их комбинации;
- провести деление выборки данных на обучающую и тестовую (как правило, в соотношении по правилу Парето – 80% и 20%, соответственно);
- провести обучение выбранной модели на существующих по прошлым периодам данным;
- выбрать критерии статистической адекватности модели и провести по ним оценку по полученным моделям прогнозирования (например, MASE – средняя абсолютная масштабированная ошибка; SMAPE – симметричная средняя абсолютная процентная ошибка; MAE – средняя абсолютная ошибка; RMSE – средняя квадратическая ошибка и другие);
- применить выбранную модель для построения прогноза.

4. На четвертом этапе – *разработка и проведение превентивных мероприятий*, для каждого типа риска, в первую очередь тех, которые имеют высокое значение приоритетного числа рисков (ПЧР), разрабатывается дорожная карта предупредительных мероприятий. Затем данный план утверждается на уровне высшего руководства предприятия, при этом в нем должны быть указаны ответственные лица, сроки исполнения мероприятий, ресурсное обеспечение и критерии результативности проведенных действий. Далее план превентивных мероприятий по снижению уровня риска интегрируется в существующие процессы системы менеджмента качества промышленного предприятия в вопросах качества, управления изменениями, управления базами данных, управления знаниями, управления корпоративной информационной системой и т.д. На заключительном шаге автоматизируется процесс получения уведомлений о необходимости предпринять действия для нейтрализации риска на основе модели предиктивной аналитики.

5. Пятый этап алгоритма выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков предполагает *мониторинг* процессов. Для проведения мониторинга необходимы следующие шаги:

- организация и систематизация сбора данных на постоянной / непрерывной основе о проводимых превентивных мероприятиях по снижению риска;
- проведение сравнительного анализа фактических результатов и результатов прогностических моделей;
- в случае высокого отклонения достигнутых параметров и параметров прогностической модели рассмотреть возможность и необходимость построения новой, более точной прогностической модели;
- отражение изменений в программе по управлению рисками в документах системы менеджмента качества предприятия.

Форма мониторинга и пересмотра риска представлена в приложении 7.

6. На шестом этапе – *подготовка документов* следует установить формы внутренних отчетных документов и организовать их ведение:

- ведение документов реестра рисков с их идентификацией и значением приоритетного числа рисков (ПЧР), отчетах о построении и тестировании моделей предиктивной аналитики, планов проведения превентивных мероприятий, протоколов мониторинга программы управления рисками (пример реестра риска представлен в Приложении 8);
- хранение отчетных документов согласно установленным срокам (как правило, не менее трех лет).

7. Седьмой этап процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков предполагает проведение *контроля и аудита*. Данный этап включает:

- проведение внутреннего аудита исполнения технического регламента процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков не реже 1 раза в год;

– проведение оценки полноты сбора данных, актуальности модели предиктивной диагностики рисков, результативности выполнения превентивных мероприятий по снижению риска, оценка соответствия технического регламента требованиям стандартов ИСО 9001:2015 «Системы менеджмента качества. Требования»; ИСО 31000:2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководящие указания», а также внутренним стандартам предприятия по управлению качеством выпускаемой продукции и управлению рисками.

8. Восьмой этап – *корректирующие действия*, направлен на выявление расхождений, полученных в результате проведения аудита или мониторинга, и предполагает идентификацию основной причины выявленных отклонений, разработку плана проведения корректирующих мероприятий с назначением ответственных лиц и сроков для их корректировки, проведение проверочных мероприятий по оценке результативности принятых инициатив. Далее соответствующие изменения вносятся при необходимости в технический регламент процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков.

9. Девятый этап – *совершенствование*, предполагает разработку программы мероприятий по развитию системы менеджмента качества предприятия в целом, включая управление рисками.

Таким образом, представленный алгоритм выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков поэтапно охватывает ключевые процессы в системе менеджмента качества предприятия и позволяет повысить результативность, точность и оперативность принимаемых управленческих решений, а также повысить уровень надежности функционирования промышленного предприятия.

4.2 Апробация методики предиктивной аналитики качества продукции на примере производства сублимированного молока

Апробация методики предиктивной аналитики качества продукции на примере производства сублимированного молока имеет целью провести оценку ее способности прогнозировать итоговые параметры качества конечного продукта (результатирующий показатель) – массовая доля влаги, %, массовая доля жира, %; массовая доля белка, % и другие на различных этапах жизненного цикла продукта в зависимости от значений входных параметров по качеству сырья (температура, °C; плотность, г/см³; Кислотность, °T) и показателей по качеству технологии производства (температура сублимации в сушильной камере, °C; давление в сушильной установке, Па; продолжительность сушки, часов).

В качестве объекта апробации методики предиктивной аналитики качества продукции на примере производства сублимированного молока выступила промышленное предприятие «Грин Лайф» от фабрики здоровой еды «Green House» ООО «СХ Техника» [74]. Технологические схемы Цеха сублимированной продукции представлены в приложении (Приложение 9).

В качестве исходных данных использовались 100 образцов лабораторных испытаний показателей качества исходного сырья, показателей качества технологии производства и показателей качества готового продукта – сублимированного молока.

Ввиду ограниченности данных для анализа и апробации, а также ограниченности длины динамического ряда в апробации методики предиктивной аналитики качества продукции на примере производства сублимированного молока использовались по три показателя качества из каждой группы, со следующими условными обозначениями (таблица 4.2.1).

Таблица 4.2.1 – Показатели качества и их условные обозначения, используемые для апробации методики предиктивной аналитики качества продукции на примере производства сублимированного молока (составлено автором)

Переменные предиктивной модели	Наименование параметра качества продукта и процесса	Значение параметра
Качество продукции – Y (результатирующие итоговые показатели качества готового продукта – выходные показатели)	Параметры качества цельного сухого молока	
Y_1	Массовая доля влаги, %, не более	4,0
Y_2	Массовая доля жира, %	[26,0; 41,9]
Y_3	Массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке, %, не менее	34,0
Качество сырья X_1 (входные параметры)	Параметры качества сырья – коровьего молока 1 сорта	
X_{11}	Температура, °C	[0; 10]
X_{12}	Кислотность, °T	16-18
X_{13}	Бактериальное обсеменение, тыс. / мл	<300
Технология производства X_2 (входные параметры)	Технологические параметры сушки молока на сублимационной сушилке	
X_{21}	Температура сублимации в сушильной камере, °C	+25±2
X_{22}	Давление в сушильной установке, Па	60-75
X_{23}	Продолжительность сушки, часов	10-15

Инструментом для аналитики данных использован программный продукт Statistica.

На первом этапе апробации методики предиктивной аналитики качества продукции на примере производства сублимированного молока были рассчитаны описательные статистики по входным и выходным параметрам сублимированного молока.

По выбранным случайным образом лабораторным образцам показателей качества сублимированного молока средняя массовая доля влаги составляла 2,5%; массовая доля жира – 33,6%; массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке – 42,2%.

Описательные статистики показателей качества входных и выходных параметров сублимированного молока представлены в таблице (таблица 4.2.2).

Таблица 4.2.2 – Описательные статистики показателей качества входных и выходных параметров сублимированного молока (рассчитано автором)

	Среднее значение	Медиана	Min	Max	Размах	Стенд. отклонение	Коэф. вариации
Y1	2,5	2,0	1,0	4,0	3,0	1,1	44,7
Y2	33,6	34,0	26,0	41,0	15,0	4,9	14,7
Y3	42,2	42,5	34,0	50,0	16,0	5,1	12,1
X11	5,8	6,0	1,0	10,0	9,0	2,9	50,0
X12	16,9	17,0	16,0	18,0	2,0	0,8	4,7
X13	142,8	144,5	0,0	300,0	300,0	86,2	60,3
X21	25,0	25,0	23,0	27,0	4,0	1,5	5,8
X22	66,7	66,0	60,0	75,0	15,0	4,5	6,7
X23	12,3	12,0	10,0	15,0	5,0	1,8	14,5

Анализ таблицы распределения частот по массовой доле влаги сублимированного молока показал, что 25% проб имели массовую долю влаги до 1%, 27% – от 1-2%; 26% – от 2-3% и 22% – от 3-4%. . Распределение частот показателей качества сублимированного молока по массовой доле влаги представлено в таблице (таблица 4.2.3).

Таблица 4.2.3 – Распределение частот показателей качества сублимированного молока по массовой доле влаги, % (рассчитано автором)

Y1	Частота	Накопленная частота	%	Накопленный %
1	25	25	25	25
2	27	52	27	52
3	26	78	26	78
4	22	100	22	100

Анализ таблицы распределения частот по массовой доле влаги сублимированного молока показал, что наиболее часто встречаемая жирность была 27%, 37%, 39%, что составляет по 9% для каждого вида жирности. Распределение частот показателей качества сублимированного молока по массовой доле жирности представлено в таблице (таблица 4.2.4).

Таблица 4.2.4 – Распределение частот показателей качества сублимированного молока по массовой доле жира, % (рассчитано автором)

Y2	Частота	Накопленная частота	%	Накопленный %
26	6	6	6	6
27	9	15	9	15
28	8	23	8	23
29	5	28	5	28
30	7	35	7	35
31	5	40	5	40
32	3	43	3	43
33	5	48	5	48
34	6	54	6	54
35	4	58	4	58
36	5	63	5	63
37	9	72	9	72
38	5	77	5	77
39	9	86	9	86
40	7	93	7	93
41	7	100	7	100

Анализ таблицы распределения частот по массовой доле белка в сухом обезжиренном молочном остатке сублимированного молока показал, что наиболее часто встречаемая доля белка была 35%, 47%, 49%, что составляет по 10% для каждого вида жирности. Распределение частот показателей качества сублимированного молока по массовой доле белка представлено в таблице (таблица 4.2.4).

Таблица 4.2.5 – Распределение частот показателей качества сублимированного молока по массовой доле белка в сухом обезжиренном молочном остатке, % (рассчитано автором)

УЗ	Частота	Накопленная частота	%	Накопленный %
34	6	6	6	6
35	10	16	10	16
36	7	23	7	23
37	3	26	3	26
38	4	30	4	30
39	1	31	1	31
40	6	37	6	37
41	6	43	6	43
42	7	50	7	50
43	5	55	5	55
44	7	62	7	62
45	6	68	6	68
46	3	71	3	71
47	10	81	10	81
48	6	87	6	87
49	10	97	10	97
50	3	100	3	100

Гистограммы распределения частот по показателям качества готового продукта, а также показателям качества сырья и технологии производства представлены в приложении (Приложение 10).

Далее, используя алгоритм автоматизированных нейронных сетей построена предиктивная регрессионная модель для каждого из параметров качества готового продукта – сублимированного молока. Зависимой переменной пошагово указаны параметры качества сублимированного молока – массовая доля влаги, массовая доля жира и массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке; независимыми / объясняемыми переменными – показатели качества сырья и технологии производства.

Стратегией для создания модели применена автоматизированная нейронная сеть.

Размер обучающей выборки использован 70%, контрольной – 15%, тестовой – 15%.

Обучение и анализ результатов предиктивной модели для Y1 – массовая доля влаги сублимированного молока представлен в таблице (таблица 4.2.6).

Таблица 4.2.6 – Анализ результатов предиктивной модели для Y1 – массовая доля влаги сублимированного молока (рассчитано автором)

Сеть ID	1	2	3	4	5
Архитектура	MLP 6-11-1	MLP 6-10-1	MLP 6-10-1	MLP 6-11-1	MLP 6-5-1
Обучающая выборка	0,975	0,947	0,922	0,947	0,848
Контрольная выборка	0,971	0,923	0,925	0,910	0,831
Тестовая выборка	0,950	0,932	0,894	0,926	0,867
Ошибка обучающей выборки	0,033	0,062	0,092	0,062	0,167
Ошибка контрольной выборки	0,035	0,094	0,087	0,114	0,179
Ошибка тестовой выборки	0,067	0,079	0,126	0,089	0,150
Алгоритм	BFGS 210	BFGS 222	BFGS 86	BFGS 162	BFGS 130
Функция ошибок	SOS	SOS	SOS	SOS	SOS
Скрытая активация	Logistic	Tanh	Logistic	Tanh	Tanh
Активация выхода	Logistic	Tanh	Logistic	Tanh	Identity

С позиции статистической достоверности, наиболее лучшее качество предиктивной модели для обучающей, контрольной и тестовой выборок характерно для автоматизированной нейронной сети №1 – MLP 6-11-1, которая содержит 6 входных слоев, 11 скрытых слоев и 1 выходной слой. Соответственно, данная нейросеть будет использоваться для прогноза.

Используя сред данных лабораторных испытаний 10-ти образцов качества сырья и технологии производства на основе нейросетевой модели были предсказаны следующие значения качества сублимированного молока по массовой доле влаги (таблица 4.2.7).

Таблица 4.2.7 – Прогностическая оценка качества сублимированного молока по массовой доле влаги на основе нейросетевой модели (рассчитано автором)

	Y1	X11	X12	X13	X21	X22	X23
1	2	6	16	255	27	68	10
2	4	10	16	269	25	66	14
3	2	10	17	242	24	62	10
4	4	10	18	270	24	73	13
5	3	7	18	218	23	67	11
6	1	6	17	125	26	75	14
7	2	1	17	80	25	67	11
8	3	5	18	125	24	68	13
9	2	3	16	117	25	66	15
10	3	6	16	260	24	61	12

Все полученные на основе модели предиктивной аналитики параметры качества сублимированного молока по массовой доле влаги в зависимости от качества входных параметров сырья и технологии производства соответствуют установленным нормативам.

Обучение и анализ результатов предиктивной модели для Y2 – массовая доля жира сублимированного молока представлен в таблице (таблица 4.2.8).

Таблица 4.2.8 – Анализ результатов предиктивной модели для Y2 – массовая доля жира сублимированного молока (рассчитано автором)

Сеть ID	1	2	3	4	5
Архитектура	MLP 6-9-1	MLP 6-9-1	MLP 6-5-1	MLP 6-9-1	MLP 6-10-1
Обучающая выборка	0,856969	0,863874	0,797930	0,892960	0,931027
Контрольная выборка	0,840451	0,818863	0,726947	0,856457	0,911803
Тестовая выборка	0,759498	0,725447	0,723389	0,825576	0,748929
Ошибка обучающей выборки	3,349355	3,168419	4,675380	2,526265	1,770750
Ошибка контрольной выборки	3,528771	3,920886	6,281522	3,235490	2,232908
Ошибка тестовой выборки	4,749624	4,747756	4,972651	3,377970	5,524099
Алгоритм	BFGS 169	BFGS 115	BFGS 80	BFGS 115	BFGS 110
Функция ошибок	SOS	SOS	SOS	SOS	SOS
Скрытая активация	Logistic	Exponential	Tanh	Tanh	Tanh
Активация выхода	Tanh	Identity	Logistic	Identity	Logistic

С позиции статистической достоверности, наиболее лучшее качество предиктивной модели для обучающей, контрольной и тестовой выборок характерно для автоматизированной нейронной сети №4 – MLP 6-9-1, которая содержит 6 входных слоев, 9 скрытых слоев и 1 выходной слой. Соответственно, данная нейросеть будет использоваться для прогноза.

Используя сред данных лабораторных испытаний 10-ти образцов качества сырья и технологии производства на основе нейросетевой модели были предсказаны следующие значения качества сублимированного молока по массовой доле жира (таблица 4.2.9).

Таблица 4.2.9 – Прогностическая оценка качества сублимированного молока по массовой доле жира на основе нейросетевой модели (рассчитано автором)

	Y2	X11	X12	X13	X21	X22	X23
1	38	6	16	255	27	68	10
2	33	10	16	269	25	66	14
3	35	10	17	242	24	62	10
4	34	10	18	270	24	73	13
5	32	7	18	218	23	67	11
6	35	6	17	125	26	75	14
7	39	1	17	80	25	67	11
8	29	5	18	125	24	68	13
9	27	3	16	117	25	66	15
10	32	6	16	260	24	61	12

Все полученные на основе модели предиктивной аналитики параметры качества сублимированного молока по массовой доле жира в зависимости от качества входных параметров сырья и технологии производства соответствуют установленным нормативам.

Обучение и анализ результатов предиктивной модели для Y3 – массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке представлен в таблице (таблица 4.2.10).

Таблица 4.2.10 – Анализ результатов предиктивной модели для Y3 – массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке сублимированного молока (рассчитано автором)

Сеть ID	1	2	3	4	5
Архитектура	MLP 6-7-1	MLP 6-7-1	MLP 6-10-1	MLP 6-7-1	MLP 6-9-1
Обучающая выборка	0,874918	0,928390	0,982068	0,906764	0,944050
Контрольная выборка	0,780078	0,973472	0,941463	0,892630	0,915915
Тестовая выборка	0,840984	0,879298	0,853069	0,885170	0,859675
Ошибка обучающей выборки	2,871875	1,690055	0,435074	2,180221	1,331202
Ошибка контрольной выборки	5,599871	0,747686	1,603267	2,788442	2,288397
Ошибка тестовой выборки	4,595312	3,470127	4,501372	3,309184	4,237064
Алгоритм	BFGS 133	BFGS 270	BFGS 154	BFGS 219	BFGS 168
Функция ошибок	SOS	SOS	SOS	SOS	SOS
Скрытая активация	Logistic	Tanh	Tanh	Tanh	Logistic
Активация выхода	Exponential	Identity	Identity	Exponential	Identity

С позиции статистической достоверности, наиболее лучшее качество предиктивной модели для обучающей, контрольной и тестовой выборок характерно для автоматизированной нейронной сети №4 – MLP 6-7-1, которая содержит 6 входных слоев, 7 скрытых слоев и 1 выходной слой. Соответственно, данная нейросеть будет использоваться для прогноза.

Используя сред данных лабораторных испытаний 10-ти образцов качества сырья и технологии производства на основе нейросетевой модели были предсказаны следующие значения качества сублимированного молока по массовой доле белка в сухом обезжиренном молочном остатке (таблица 4.2.11).

Таблица 4.2.11 – Прогностическая оценка качества сублимированного молока по массовой доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке на основе нейросетевой модели (рассчитано автором)

	Y3	X11	X12	X13	X21	X22	X23
1	46	6	16	255	27	68	10
2	46	10	16	269	25	66	14
3	56	10	17	242	24	62	10
4	48	10	18	270	24	73	13
5	48	7	18	218	23	67	11
6	38	6	17	125	26	75	14
7	46	1	17	80	25	67	11
8	39	5	18	125	24	68	13
9	46	3	16	117	25	66	15
10	38	6	16	260	24	61	12

Все полученные на основе модели предиктивной аналитики параметры качества сублимированного молока по массовой доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке в зависимости от качества входных параметров сырья и технологии производства соответствуют установленным нормативам.

Таким образом, апробация методики предиктивной аналитики качества продукции на примере производства сублимированного молока проведена основе построения и выбора наиболее производительной модели автоматизированной нейронной сети, которая показала свою высокую статистическую достоверность и может быть внедрена на предприятиях по производству сублимированного молока для оценки и предсказания уровня качества готового продукта в зависимости от качества входных параметров сырья и технологии производства. Предложенная и апробированная методика может быть дополнена иными показателями качества процесса производства и сырья с последующим ее масштабированием на предприятия данной отрасли промышленности.

4.3 Оценка технической результативности разработанных решений в части диагностики рисков и соответствия продукции требуемому качеству

В диссертационном исследовании разработанные и внедренные комплексные организационно-технические решения по диагностике производственных рисков и достижению соответствия качества конечного продукта – сублимированного молока требованиям нормативно-технической документации. Здесь важно выделить две большие группы получаемых эффектов от использования разработанных решений в части диагностики рисков и соответствия продукции требуемому качеству.

Первая группа эффектов характеризуется технической результативностью разработанных решений в части диагностики рисков и соответствия продукции требуемому качеству.

Техническая результативность организационно-технических решений в части диагностики рисков и соответствия продукции требуемому качеству разывается в следующих аспектах.

- повышается вероятность идентификации возможных отклонений от заданных параметров качества входных и выходных параметров на всех этапах жизненного цикла производства сублимированного молока;

- появляется возможность определять на соответствие нормативно-техническим требованиям качество готового продукта – сублимированного молока по критериям допустимых значений:

- ✓ массовая доля влаги, % – не более 4,0
- ✓ массовая доля жира, % – [26,0; 41,9]
- ✓ массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке, %, не менее – 34,0
- ✓ массовая доля молочного сахара (лактозы), % – [40,0; 51,5]
- ✓ индекс растворимости, см³ сырого осадка, не более – 0,2
- ✓ группа чистоты, не ниже – 1
- ✓ кислотность, °Т (% молочной кислоты) – [14; 21] ([0,126; 0,189]);

– сокращается временной период определения критических отклонений благодаря использованию разработанного алгоритма мониторинга выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков;

– уменьшение количества несоответствий конечного продукта требованиям стандартов качества по определенным параметрам качества;

– повышение уровня устойчивости системы производства к внешним возмущениям (например, высокой волатильности параметров качества сырья, колебаний температуры воздуха на производственном участке и т.п.);

– повышение скорости принятия управленческих решений благодаря прогностическим оценкам и возможности системно видеть контролируемую ситуацию;

– использование проактивной политики управления рисками, которая характеризуется высокой эффективностью и гибкостью управленческих решений, взамен реактивной политики управления рисками;

– развитие и совершенствование внутренней системы контроля и системы менеджмента качества предприятия благодаря внедрению и использованию инструментов предиктивной аналитики процессов производства и управления.

Визуализируем состояние параметров качества сублимированного молока на основе полученных образов лабораторных проб по массовой доле влаги, массовой доле жира и массовой доле белка в сухом обезжиренном молочном остатке. Так, анализ качества сублимированного молока по массовой доле влаги показал, что она не превышает предельного допустимого значения – 4% (рисунок 4.3.1).

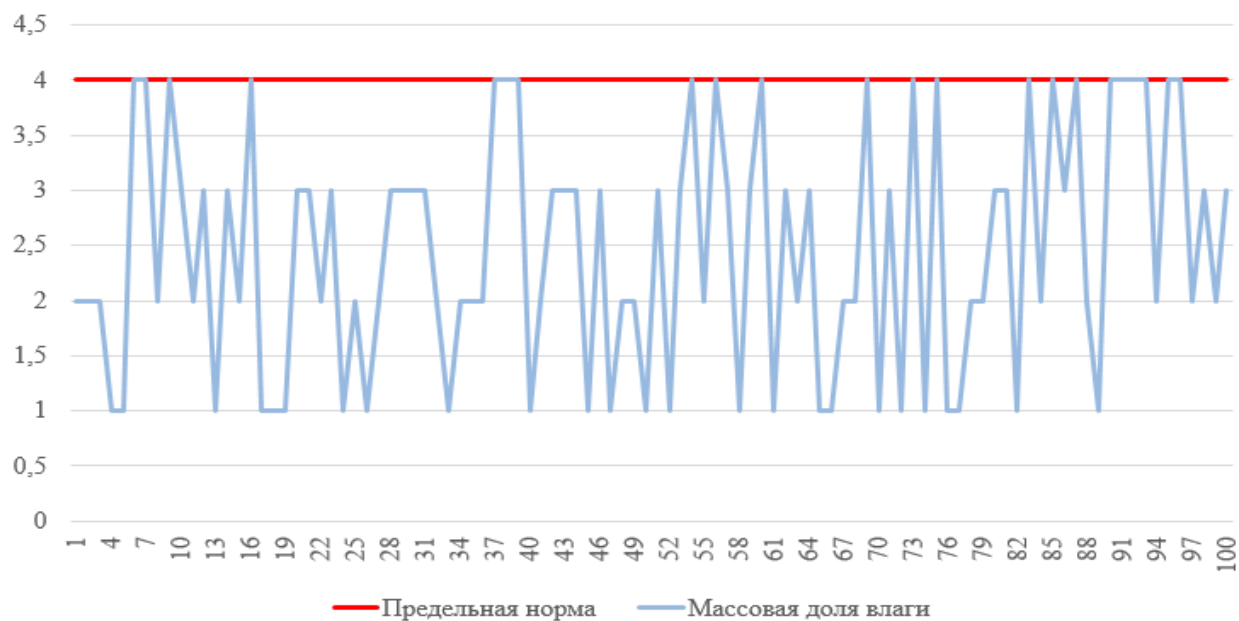


Рисунок 4.3.1 – Образцы проб качества сублимированного молока по массовой доле влаги, в процентах (построено автором)

Анализ качества сублимированного молока по массовой доле жира показал, что она не превышает предельного допустимого верхнего значения – 41,9% и предельного допустимого нижнего значения – 26% (рисунок 4.3.2).

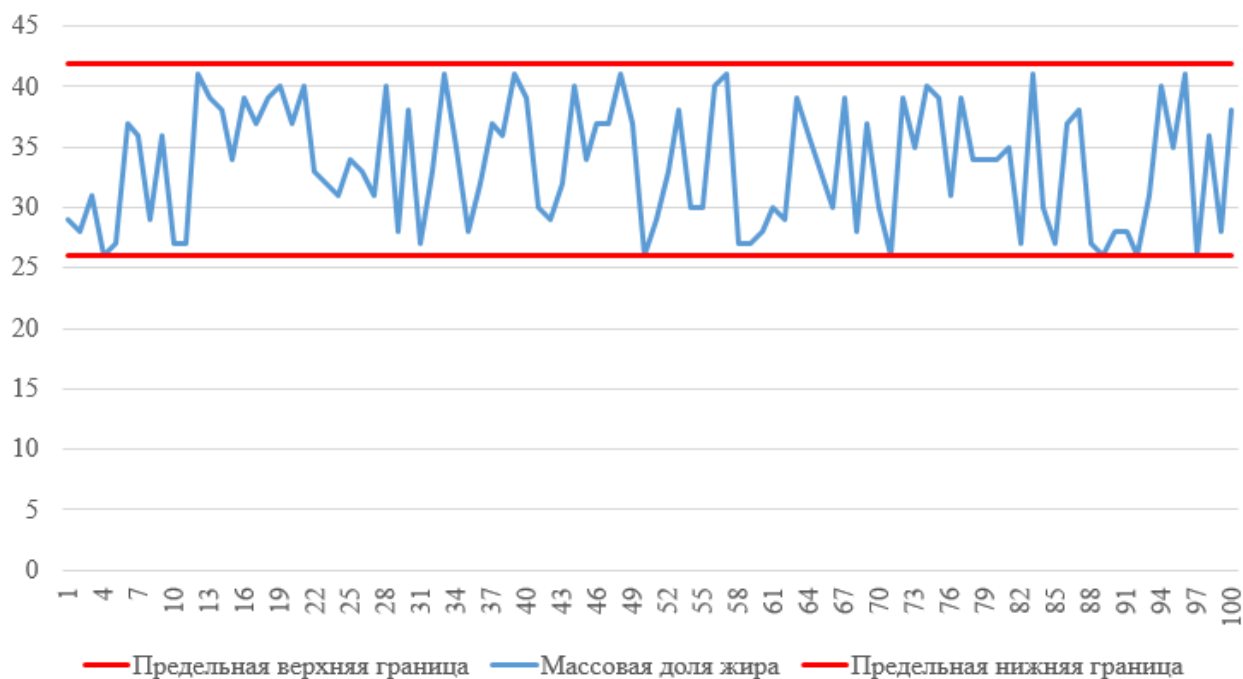


Рисунок 4.3.2 – Образцы проб качества сублимированного молока по массовой доле жира, в процентах (построено автором)

Анализ качества сублимированного молока по массовой доле белка в сухом обезжиренном молочном осадке показал, что она выше допустимой минимальной границы – 34% (рисунок 4.3.3).

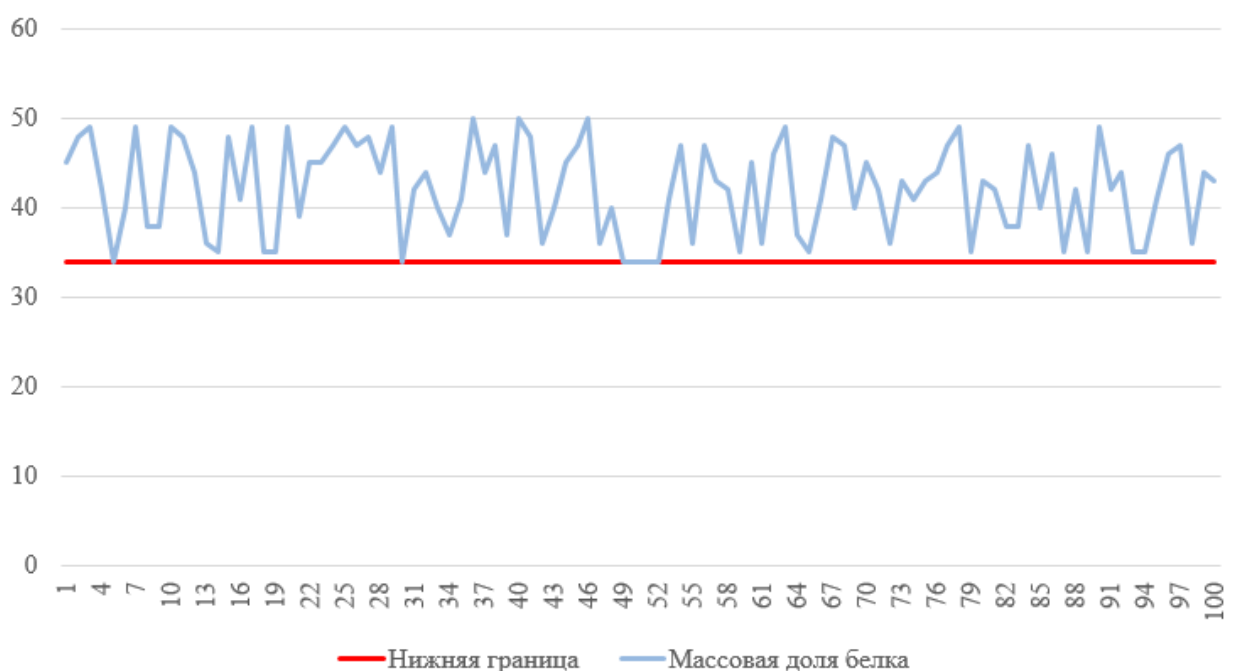


Рисунок 4.3.3 – Образцы проб качества сублимированного молока по массовой доле белка в сухом обезжиренном молочном осадке, в процентах (построено автором)

Для оценки *технической результативности* разработанных решений в части диагностики рисков и соответствия продукции требуемому качеству проведен анализ выгод от реализации мероприятий по ведению мониторинга качества процесса производства и качества конечного готового продукта – сублимированного молока для предприятия, в состав организационной структуры которого входит цех по производству сублимированного молока.

При оценке технической результативности будем исходить из следующих допущений:

1) эффект оценивается на основе прироста выпуска дополнительного объема сублимированного молока, что достигается благодаря сокращению времени простоев оборудования, сокращению времени определения

некачественного сырья и продукции, которая не соответствует требованиям нормативно-технической документации, более рациональному использованию ресурсов и производственных мощностей (техническая результативность);

2) средние ежегодные объемы производства сублимированного молока составляют 20 тонн/год;

3) внедрение системы мониторинга качества сублимированного молока с использованием предиктивной аналитики позволяет увеличить объемы производства в среднем на 30%.

Статистические допущения для оценки результативности проекта внедрения системы мониторинга качества сублимированного молока с использованием предиктивной аналитики рассчитаны на основе статистических и аналитических данных Росстата [86] и информационно-аналитических агентств – Экспертно-аналитический центр агробизнеса [113], Milknet [119], Агросервер.Ру [2], Центр агроаналитики [110] и другие.

При этом также принимаем во внимание, что реализация данного проекта будет осуществляться уже на существующем производстве и эффект от внедрения проекта будет оцениваться исходя из прироста дополнительного объема выпуска сублимированного молока. Кроме того, полагаем, что инструменты предиктивной аналитики будут интегрированы с уже имеющейся корпоративной системой управления предприятием.

Прирост объема выпуска сублимированного молока за счет внедрения системы мониторинга его качества с использованием предиктивной аналитики планируется на второй год реализации проекта. Следовательно, прирост объема выпуска сублимированного молока, исходя из средних статистических оценок, составит в натуральном выражении 6 тонн/год ($20 \text{ тонн/год} \times 30\%$).

Для оценки результативности проекта внедрения системы мониторинга качества сублимированного молока с использованием предиктивной аналитики в качестве инструмента оценки использован программный продукт Alt Invest.

Расчет и оценка эффективности затрат реализации проекта внедрения системы мониторинга качества сублимированного молока с использованием предиктивной аналитики показала положительный результат:

дисконтированный период окупаемости – 2 года;

рост ресурсоэффективности – 2,96 раза.

График окупаемости проекта внедрения системы мониторинга качества сублимированного молока с использованием предиктивной аналитики представлен на рисунке (рисунок 4.3.4).

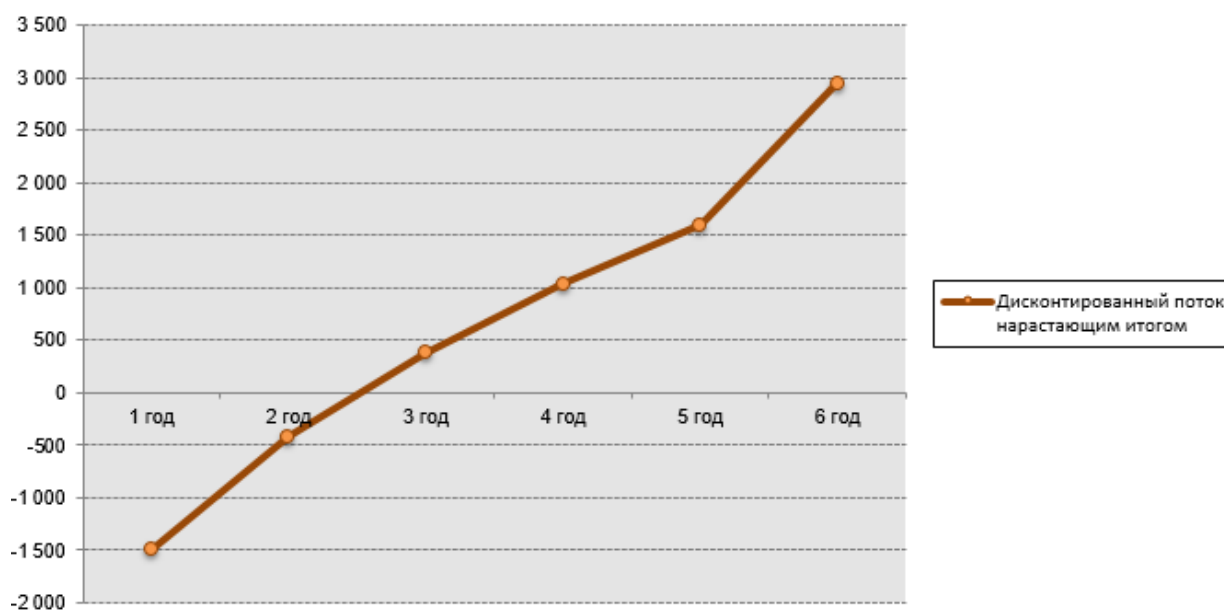


Рисунок 4.3.4 – График окупаемости проекта внедрения системы мониторинга качества сублимированного молока с использованием предиктивной аналитики (рассчитано и построено автором)

Таким образом, оценка технической результативности разработанных решений в части диагностики рисков и соответствия продукции требуемому качеству показала их состоятельность, они характеризуются достигаемым положительными техническими эффектами и могут быть реализованы на предприятиях по производству сублимированного молока для повышения качества выпускаемой продукции, гибкости и точности принятия управленческих решений.

Выводы по главе 4

По результатам исследования, представленных в четвертой главе, получены следующие выводы.

1. Разработан технический регламент порядка выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков описывает порядок выполнения процессов в системе менеджмента качества с использованием методов предиктивной аналитики рисков.

2. Порядок выполнения процессов в системе менеджмента качества на основе предиктивной диагностики рисков представляет собой совокупность последовательных действий: сбор и систематизация данных, идентификация и типологизация рисков, построение прогностических моделей, разработка и проведение превентивных мероприятий, мониторинг, подготовка документов, контроль и аудит, корректирующие действия, совершенствование, что позволяет повысить результативность, точность и оперативность принимаемых управленческих решений, а также повысить уровень надежности функционирования промышленного предприятия.

3. Проведена апробация методики предиктивной аналитики качества продукции на примере производства сублимированного молока. На основе алгоритма нейросетевого моделирования представлен прогноз качества сублимированного молока в зависимости от параметров качества исходного сырья и технологии производства. Предложенная и апробированная методика может быть дополнена иными показателями качества процесса производства и сырья с последующим ее масштабированием на предприятия данной отрасли промышленности.

4. Проведена оценка технической результативности разработанных решений в части диагностики рисков и соответствия продукции требуемому качеству. Техническая результативность организационно-технических решений в части диагностики рисков и соответствия продукции требуемому качеству разывается в следующих аспектах: повышается вероятность

идентификации возможных отклонений от заданных параметров качества входных и выходных параметров на всех этапах жизненного цикла производства сублимированного молока; появляется возможность определять на соответствие нормативно-техническим требованиям качество готового продукта – сублимированного молока по критериям допустимых значений, уменьшение количества несоответствий конечного продукта требованиям стандартов качества по определенным параметрам качества и другие.

5. Оценка результативности разработанных решений в части диагностики рисков и соответствия продукции требуемому качеству показала достигаемую эффективность: рост ресурсоэффективности – 2,96 раза.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам проведённого исследования получены важные научно-технические результаты в области принятия управленческих решений по повышению эффективности функционирования системы менеджмента качества производства сублимированной молочной продукции на основе предиктивной диагностики рисков. Обобщающий результат работы заключается в стандартизации процесса диагностики рисков производства сублимированной молочной продукции на основе предиктивной аналитики в системе менеджмента качества.

1. Исследование научно-технических разработок по организации систем управления качеством в производстве молочной продукции полного цикла позволило выявить риски снижения качества сублимированных молочных продуктов, а также разработать направления совершенствования стандартов качества в данной области. Это позволило провести типологизацию производственных факторов (рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству, которая учитывает внутренние и внешние риски по характеру и степени влияния на процесс производства готовой продукции на всех этапах жизненного цикла, что позволяет проводить глубинный анализ соответствия сублимированной молочной продукции требуемым критериям качества в цепи создания стоимости.

2. Изучение концепций развития системы менеджмента качества производства сублимированной молочной продукции на основе предиктивной диагностики управления рисками позволило разработать концептуальную модель предиктивной аналитики качества продукции и управления рисками несоответствий, отражающую сложные организационно-функциональные взаимосвязи на предприятиях по производству сублимированной молочной продукции – входной контроль параметров молока, межоперационный контроль параметров заморозки, параметров сушки и измельчения, выходной

контроль параметров сухого молока, что позволяет принимать эффективные управленческие решения по организации системы контроля качества на этапах технологического процесса производства сухого молока. Эффект от внедренных предложений обеспечит выход на требуемые показатели качества сублимированного молока: массовая доля влаги – не более 4,0%; массовая доля жира – 26,0–41,9%, массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке – не менее 34,0%.

3. Систематизация методов и алгоритмов предиктивной диагностики управления рисками несоответствий в системе менеджмента качества производства сублимированной молочной продукции позволила разработать методику предиктивной аналитики качества продукции, включающую наряду с выходными параметрами, комплексные входные параметры – качество сырья, технологии производства и оборудования, что позволяет строить аналитические прогнозы трендов качества готового продукта и вносить корректирующие действия при прогнозировании возможных отклонений от параметров качества. Эффективность технических решений составит 2,96 раза (прирост ресурсоэффективности).

4. Разработанные в ходе исследования инструменты реализованы и зарегистрированы в виде программы для ЭВМ «Автоматизация расчета показателей качества сублимированного молока». Предложенные научно-технические решения внедрены в устойчивую отраслевую практику применения на отечественных предприятиях по производству сублимированного молока, в частности, на предприятии ООО «СХ Техника».

Рекомендуется использовать результаты исследования в практике хозяйствования предприятий пищевых производств в процессе принятия управленческих решений по реализации программ совершенствования системы организации производства и контроля качества выпускаемой продукции; в деятельности федеральных органов исполнительной власти при формировании приоритетов технологического развития и создании документов национальной системы стандартизации в области управления

качеством продукции пищевых производств; а также при цифровой трансформации управления производственными процессами.

Перспективы дальнейшей разработки темы состоят в совершенствовании методик предиктивной аналитики качества продукции на предприятиях пищевых производств, разработке методологии организации системы менеджмента качества предприятий по производству сублимированной молочной продукции на всех этапах жизненного цикла.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аббазова, В. Н. Интеграция технологий искусственного интеллекта для оценки качества овощей на предприятиях пищевой промышленности и торговли / В. Н. Аббазова, Д. А. Карх // Индустрия питания. – 2025. – Т. 10. – № 4. – С. 46-55.
2. Агросервер.Ру [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://agroserver.ru>
3. Антипова, О. И. Подходы к цифровизации систем менеджмента качества / О.А. Антипова, Д.А. Горохова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – Вып. 12. – С. 106–109.
4. Анянова, Е. В. Проектирование имитационной модели технологического процесса одностадийной сортировки пиловочника на продольном транспортере / Е. В. Анянова, А. А. Шмаков // Леса России и хозяйство в них. – 2024. – № 1(88). – С. 151-158.
5. Бегунова, А.В. Разработка технологии пробиотического кисломолочного продукта с *Lactobacillus reuteri* LR1 / А.В. Бегунова: дис. ... канд. техн. наук. – М., 2021. – 152 с.
6. Билятдинов, К. З. Комплексная методика оценки качества технических систем / К. З. Билятдинов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. – № 11. – С. 20-23.
7. Благовещенский И.Г. Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора техн. наук. – М., 2018. – 46 с.
8. Блынская, Е. В. Математические модели процесса сублимации и оптимизация режимов лиофилизации / Е. В. Блынская, С. В. Тишков, К. В. Алексеев, С. В. Минаев // Российский биотерапевтический журнал. – 2018. – Т. 17, № 3. – С. 20-28.

9. Бойцова, Ю. С. Рынок сублимированной продукции / Ю. С. Бойцова, И. П. Аленин, К. В. Патанина // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 12-1(70). – С. 98-102.
10. Бойцова, Ю. С. Рынок сублимированной продукции / Ю. С. Бойцова, И. П. Аленин, К. В. Патанина // Экономика и бизнес: теория и практика. – 2020. – № 12-1(70). – С. 98-102.
11. Боченков, В. Бактериальная обсемененность молока / В. Боченков // Агровестник [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/tech/cattle-tech/bakterialnaya-obsemenennost-moloka.html>.
12. Бурак, Л. Ч. Современные методы бланширования и их влияние на процесс сушки фруктов и овощей / Л. Ч. Бурак // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. – 2025. – Т. 28. – № 2. – С. 273-295
13. Бурков, И.А. Совершенствование технологии сублимационной сушки заквасочных культур для кисломолочных продуктов / И.А. Бурков: дисс...канд. технич. наук. – М., 2026. – 128 с.
14. Бурнаев, Е.В. Алгоритмические основы предиктивной аналитики в задачах индустриального проектирования / А.В. Бурнаев // Информационные процессы. – 2019. – Т. 19. – № 3. – С. 271-283.
15. Васильев, В. А. Цифровые технологии в управлении качеством / В.А. Васильев, С.В. Александрова // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – Вып. 10. – С. 35–41.
16. Васильева, В.А. Автоматизация процессов производства и управление данными на промышленном производстве / В.А. Васильева, К.Ю. Лобков, Е.В. Филюшина // Перспективы науки. – 2023. – № 8(167). – С. 21-23.
17. Васюкова, А.Т. Показатели качества экстрактов и сублиматов в виде порошков, полученных при безотходной технологии переработки овощей и фруктов / А.Т. Васюкова, Е.М. Мазуркевич, Р.А. Эдварс и др. // Вестник

ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2023. – Т. 11. – № 4. – С. 44–54.

18. Власова, М. В. Мониторинг ассортимента и качества сливочного масла на потребительском рынке / М. В. Власова, Н. А. Батурина, Л. А. Пашкевич // Вестник ОрелГИЭТ. – 2020. – № 1(51). – С. 109-114.

19. Гаврюшина, Е. В. Интеграция имитационной модели и реального технологического процесса высокоавтоматизированного производства / Е. В. Гаврюшина, А. И. Сергеев // Компьютерная интеграция производства и ИПИ-технологии : Материалы XI Всероссийской конференции, Оренбург, 16 ноября 2023 года. – Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2023. – С. 372-376.

20. Гамарник, И. А. Использование механизмов искусственного интеллекта в пищевой промышленности / И. А. Гамарник, А. С. Съедугина, В. П. Карагодин // Промышленность: экономика, управление, технологии. – 2023. – Т. 2, № 3(6). – С. 30-39.

21. Гербер, Ю. Б. Цифровой формат развития пищевой промышленности в современных экономических условиях / Ю. Б. Гербер, С. В. Балко, А. А. Якушев // Экономика, предпринимательство и право. – 2022. – Т. 12, № 5. – С. 1613-1624.

22. Гончаров, М. В. Перспективы применения искусственного интеллекта и машинного обучения в автоматизации процессов производства и контроля качества пищевых продуктов / М. В. Гончаров, А. Д. Боханов, А. С. Терехов // Наука и бизнес: пути развития. – 2025. – № 2(164). – С. 80-83.

23. ГОСТ 32738–2014. Говядина сублимационной сушки. Технические условия. – Введ. 2015–07–01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 12 с.

24. ГОСТ Р 32739–2014. Мясо цыплят-бройлеров сублимационной сушки. Технические условия. – Введ. 2015–07–01. – Москва : Стандартинформ, 2015. – 15 с.

25. ГОСТ Р 32914–2014. Мясо сублимационной сушки для детского питания. Технические условия. – Введ. 2016–01–01. – Москва : Стандартинформ, 2014. – 18 с.
26. ГОСТ 33318–2015. Грибы сушеные. Технические условия. – Введ. 2017–01–01. – Москва : Стандартинформ, 2019. – 12 с.
27. ГОСТ Р 52791–2007 Консервы молочные. Молоко сухое. Технические условия. – Москва : Стандартинформ, 2009. – 14 с.
28. ГОСТ Р ИСО 10303–242–2019 Системы автоматизации производства и их интеграция. Представление данных об изделии и обмен этими данными. Часть 242. Прикладной протокол. Управляемое проектирование на основе модели 3D. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 184 с.
29. ГОСТ Р ИСО 31000–2019. Менеджмент риска. Принципы и руководство. – М.: Стандартинформ, 2020. – 20 с.
30. Грачева, А.Д. Всеобщее управление качеством на производстве / А.Д. Грачева // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 2. – С. 426-430.
31. Губин, К. А. Роботы и искусственный интеллект в пищевой промышленности: примеры внедрения и эффективность / К. А. Губин, Н. В. Тихонова // Молодежь и наука. – 2025. – № 9.
- 32.
33. Дворникова, Е. М. Математическое обеспечение системы оптимизации процесса сублимации продуктов / Е. М. Дворникова, С. В. Николаева, О. Р. Параскевопуло // Научно-технический вестник Поволжья. – 2024. – № 9. – С. 83-85.
34. Дондокова, С. А. Использование сублимационной сушки в производстве мясных продуктов / С. А. Дондокова, Э. Б. Битуева, А. В. Антипов // Научное обозрение. Технические науки. – 2016. – № 4. – С. 37-48.
35. Дьяконов, Н.А. Системы управления технологическим процессом на основе предиктивной аналитики: проектирование / Н.А. Дьяконов, О.С.

Логунова // Электротехнические системы и комплексы. – 2021. – № 1(50). – С. 58-64.

36. Захаров, Г. С. Применение технологий искусственного интеллекта в пищевой промышленности: обзор современных решений и перспектив развития / Г. С. Захаров, И. А. Тимофеева, С. Н. Буханцева // Форпост науки. – 2025. – Т. 19, № 3. – С. 98-105.

37. Зуев, Н. А. Замораживание и сушка рыбы методом сублимации / Н. А. Зуев, О. В. Савельева, В. О. Андрощук // Процессы и аппараты пищевых производств. – 2013. – № 2. – С. 6.

38. Ивахненко, А. М. Научные основы комплексной автоматизации и моделирования характеристик технологических процессов в системе контроля качества продукции промышленного производства : специальность 05.13.06 : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Ивахненко Андрей Михайлович ; Московский государственный автомобильно-дорожный институт (технический университет). – Москва, 2008. – 42 с.

39. Ивкова, И. А. Научное обоснование и практическая реализация технологий сухих молочных и молокосодержащих консервов с повышенной хранимоспособностью : автореферат дис. ... д-ра техн. наук / И. А. Ивкова. – Кемерово, 2016. – 34 с.

40. Ивкова, И. А. Сухой кисломолочный продукт / И. А. Ивкова, О. В. Скрыбина, Д. С. Рябкова [и др.] // Молочная промышленность. – 2020. – № 1. – С. 54-55.

41. Ивкова, И.А. Оценка качества и безопасности сухого высокожирного молокосодержащего продукта / И. А. Ивкова, М. В. Заболотных, И. В. Якушкин, А. Ю. Надточий // Вестник КрасГАУ. – 2024. – № 12(213). – С. 187-193.

42. Ивкова, И.А. Разработка и определение показателей качества и безопасности сливочно-растительного спреда в сублимированной форме для специализированного питания / И. А. Ивкова, С. А. Коновалов, А. А. Екимова

[и др.] // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2025. – Т. 87, № 3(105). – С. 87-95.

43. Калита, Т. Управление рисками при построении процессов СМК / Т. Калита [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.cfin.ru/finanalysis/risk/process.shtml>

44. Каповский, Б. Р. Применение искусственного интеллекта в пищевой промышленности: фантастика на каждый день / Б. Р. Каповский, П. И. Пляшешник, В. А. Стефанова // Мясная индустрия. – 2020. – № 1. – С. 32-35.

45. Ким, И.Н. О показателях качества современного пищевого оборудования и подводных камнях при приобретении технологических машин с высоким искусственным интеллектом / И.Н. Ким, А. А. Солоненко, И. И. Бородин, И. А. Бородин // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2022. – № 3. – С. 267-274.

46. Ковригин, Е. А. Пути развития СМК в условиях цифровизации / Е.А. Ковригин, В.А. Васильев // Компетентность. – 2020. – № 6. – С. 12–17.

47. Колесникова, Т.Г. Статистические методы контроля качества продукции в системе управления качеством / Т.Г. Колесникова, Л.В. Леонидов // Инновационные технологии управления и права. – 2014. – № 3 (10). – С. 17-21.

48. Краснова, И. С. Кисломолочные сублимированные продукты питания для населения, работающего в условиях Крайнего Севера / И. С. Краснова, Г. В. Семенов, Ж. Л. Гучок // Российская Арктика. – 2022. – № 4 (19). – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kislomolochnye-sublimirovannyye-produkty-pitaniya-dlya-naseleniya-rabotayuschego-v-usloviyah-kraynego-severa>.

49. Кривчун, Е. А. Методология оценки качества как инструмент повышения эффективности управления / Е. А. Кривчун, К. З. Билятдинов // Наука и бизнес: пути развития. – 2021. – № 5(119). – С. 105-109.

50. Круподерова, М. А. Развитие цифрового риск-ориентированного подхода к совершенствованию системы менеджмента качества предприятия : специальность 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (стандартизация и управление качеством продукции) : автореф. дис. ... канд. экон. наук / Круподерова Мария Александровна ; Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю. А. – Москва, 2023. – 24 с.

51. Кудрявцева, С. С. Разработка организационно-функциональной модели системы менеджмента качества сублимированного молока / С.С. Кудрявцева, А.И. Лысенков // Русский инженер. – 2026. – №2. – С. 69-72.

52. Локачук, М. Н. Перспективы лиофилизации заквасочных дрожжей для оптимизации сроков годности стартовых композиций для разных видов заквасок. Состояние вопроса / М.Н. Локачук, О.А. Савкина, Е.Н. Павловская, Л.И. Кузнецова // Хлебопечение России. – 2022. – № 4. – С. 20–25.

53. Лысенков, А. И. Типология производственных рисков, влияющих на качество сублимированного молока / А. И. Лысенков // Качество и жизнь. – 2026. – №3. – С.49–54.

54. Лысенков, А.И. Инструменты аналитики бизнес-процессов в производстве молочной продукции / А.И. Лысенков, С.С. Кудрявцева // Сборник статей 10-й Международной молодежной научно-практической конференции «Молодежь и системная модернизация страны», Том 1. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2026. – С. 260-262.

55. Лысенков, А.И. О роли бизнес-процессов в цепи поставок сублимированного молока / А.И. Лысенков, С.С. Кудрявцева // Научные исследования и разработки 2026: сборник статей VI Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2026. – С. 18-26.

56. Лысенков, А.И. Организация производства и контроль качества сублимированной продукции для целей ресурсосбережения и расширения цепей поставок / А.И. Лысенков // Тенденции развития логистики и управления цепями поставок в условиях цифровизации: сборник статей V

Международной научно-практической конференции (24-25 сентября 2024 года); Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань. – Курск: Изд-во ЗАО «Университетская книга», 2024. – С. 121-125.

57. Лысенков, А.И. Развитие систем менеджмента качества в парадигме технологического лидерства / А.И. Лысенков // Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции «Эффективные системы менеджмента: стандартизация. экономика данных. кадровое и технологическое лидерство». – Казань: Изд-во «Познание» Казанского инновационного университета, 2026. – С. 92-95.

58. Лысенков, А.И. Сущность и структура цепей поставок сублимированного молока / А.И. Лысенков // Новые научные исследования: сборник статей XVII Международной научно-практической конференции. – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение», 2026. – С. 29-31.

59. Макарова, Н. В. Сублимация как способ сохранения жизнеспособности молочнокислых бактерий в кисломолочных напитках / Н.В. Макарова, А.В. Лямина, Д.Ф. Игнатова, А.С. Данчева // Вестник ВСГУТУ. – 2019. – № 2 (73). – С. 11–19.

60. Малышева, Т.В. Контроль качества производства отечественных автокомпонентов на основе процедуры одобрения новых поставщиков (PPAP) стандарта IATF 16949 / Т.В. Малышева // Контроль. Диагностика. – 2025. – Т. 28. № 6 (324). – С. 31-38.

61. Малышева, Т. В. Развитие системы управления качеством на основе предиктивной аналитики предупреждения рисков несоответствия продукции / Т. В. Малышева, А. И. Лысенков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2024. – Т. 26, № 2(118). – С. 39-47.

62. Малышева, Т.В. Ресурсосберегающие производственные системы. Управление информационными потоками / Т.В. Малышева // Компетентность. – 2020. – № 4. – С. 24-27.

63. Мамаражабова, Б. А. Исследование возможности использования искусственного интеллекта для оптимизации процессов производства и

хранения продуктов питания / Б. А. Мамаражабова, А. У. Шингисов // Экономика и социум. – 2024. – № 3-2(118). – С. 684-687.

64. Маслов, М.М. Корреляционный анализ факторов, влияющих на уровень бактериальной обсемененности молока / М.М. Маслов, Т.А. Казанина, А.Е. Крупин, В.Ю. Матвеев // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24. – № 2. – С. 41-45.

65. Мелибоев, М. Ф. у. Разработка комбинированного метода сублимационной и диэлектрической сушки / М. Ф. у. Мелибоев, Ш. М. Маматов, О. К. Эргашев // Universum: технические науки. – 2022. – № 5-7(98). – С. 5-8.

66. Метревели, И. С. Обзор современного уровня применения российских цифровых систем управления качеством с использованием возможностей искусственного интеллекта / И. С. Метревели // Петербургский экономический журнал. – 2025. – № 2. – С. 18-31.

67. Мешалкин, В.П. Диагностика практики и проблем использования интегрированных систем менеджмента качества для предприятий машиностроительных отраслей экономики / В.П. Мешалкин, Я.В. Денисова, А.И. Шинкевич // Инновации в менеджменте. – 2025. – № 3 (45). – С. 64-71.

68. Мохова Е.К., Гордиенко М.Г., Меньшутина Н.В., Карманова О.В. Математическое моделирование вакуумной сублимационной сушки для трансфера технологий с лабораторного уровня на промышленный / Мохова Е.К., Гордиенко М.Г., Меньшутина Н.В., Карманова О.В. // Вестник ВГУИТ. 2025. Т. 87. № 3. С. 224–233.

69. Мулдабекова, Б. Д. Экологические и экономические аспекты использования сублимационной сушки для обработки фруктов и овощей / Б. Д. Мулдабекова, Ш. А. у. Иссаков, Д. М. ў. Садуллаев, А. У. Шингисов // Universum: технические науки. – 2024. – № 10-2(127). – С. 42-44.

70. Муродова, С. Г. Современные технологии сушки в производстве сухого молока и их влияние на качество продукта / С.Г. Муродова // Universum: технические науки. – 2024. – № 9-3(126). – С. 14-15.

71. Наркевич, М. Ю. Развитие методологии создания системы менеджмента качества металлургического предприятия, эксплуатирующего опасные производственные объекты, на основе прикладной цифровой платформы : специальность 2.5.22. Управление качеством продукции. Стандартизация. Организация производства : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Наркевич Михаил Юрьевич ; Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова. – Магнитогорск, 2023. – 36 с.

72. Обоснование сроков годности кисломолочных сублимированных продуктов / И.С. Краснова [и др.] // Молочная промышленность. – 2023. – № 3. – С. 46-48.

73. Овсянникова, Д.Д. Формирование риск-ориентированного подхода к проведению сертификации систем менеджмента организаций / Д.Д. Овсянникова, Т.А. Волкова // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2021. – № 2 (60). – С. 27-35.

74. ООО «Грин Лайф» от фабрики здоровой еды «Green House» [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://greenlife-tmn.com/?ysclid=mobevxu4sn358412994>

75. Палий, А.П. Технологические основы процесса очистки доильно-молочного оборудования / А.П. Палий // Инновации в сельском хозяйстве. – 2017. – № 1(22). – С. 184-190.

76. Панкина, Г.В. О системе оценки качества процессов жизненного цикла продукции мукомольного производства / Г.В. Панкина, Ю.М. Сапего, А.И. Соляник // Компетентность. – 2013. – № 9-10 (110-111). – С. 46-51.

77. Парфенова, Е.Ю. Разработка системы прослеживаемости качества йогуртов и йогуртных продуктов по всей цепи их производства / Е.Ю. Парфенова: дисс...канд. технич. наук. – М., 2020. – 143 с.

78. Письмо Минсельхоза России от 5 июля 2017 г. № 21-Л-3021/ОГ «О промышленном внедрении технологии сухих молочных продуктов с использованием сублимационной сушки». – Москва, 2017. – 3 с.

79. Повышение ресурсной эффективности технологий как движущая сила эколого-технологической реформы промышленности / Д. О. Скобелев, Т. В. Гусева, А. Ю. Попов [и др.] // Теоретические основы химической технологии. – 2026. – Т. 60, № 5. – С. 46-57.

80. Подашев, Д. Б. Теоретические аспекты совершенствования механизма реализации системы менеджмента качества пищевой продукции / Д. Б. Подашев, Н. А. Фролова // Журнал монетарной экономики и менеджмента. – 2025. – № 3. – С. 313-322.

81. Пономарев, К.С. Цифровой двойник производства – средство цифровизации деятельности организации / К.С. Пономарев, А.Н. Феофанов, Т.Г. Гришина // Автоматизация и моделирование в проектировании и управлении. – 2019. – № 2(4). – С. 11-17.

82. Применение принципов зеленой экономики в пищевой промышленности / К. А. Щелчков, Т. В. Гусева, А. А. Волосатова, Я. П. Молчанова // Стандарты и качество. – 2025. – № 12. – С. 98-103.

83. Причко, Т. Г. Закономерности изменения показателей качества фруктов после лиофильной сушки / Т. Г. Причко, Н. В. Дрофичева // Ползуновский вестник. – 2025. – № 1. – С. 161-167.

84. Радаева, И.А. Принципы обеспечения качества отечественного сухого молока / И.А. Радаева, Е.Е. Илларионова, С.Н. Туровская // Пищевая промышленность. – 2019. – № 9. – С. 54-57.

85. Разработка мультиагентной имитационной модели производства мармелада с использованием Anylogic / В. Г. Благовещенский, И. Г. Благовещенский, И. В. Кротов, М. М. Благовещенская // Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами : сборник научных докладов Всероссийской конференции с международным участием, Москва, 11 декабря 2024 года. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2025. – С. 27-35.

86. Росстат [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/>

87. Рыжков, Р.Е. Качество молока: факторы, влияющие на состав и пользу / Р.Е. Рыжиков, В.С. Линдина, Е.И. Рыжиков, Н.О. Крыжановская, Ю.Р. Ильина // Технология и экспертиза сельскохозяйственной продукции. – 2025. – № 4(31). – С.32-39.
88. Савич, Е. К. Цифровой инструментарий управления качеством на этапах жизненного цикла продукции / Е.К. Савич // Омский научный вестник. – 2025. – № 3 (195). – С. 19–26.
89. СанПиН 2.3.2.1078-01. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов : утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 06.11.2001. – Москва, 2002. – С. 45-47.
90. Семенов, Г.В. Выбор режимных параметров вакуумной сублимационной сушки сухих термолабильных материалов с заданным уровнем качества / Г. В. Семенов, И. С. Краснова, И. И. Петков // Вестник Международной академии холода. – 2017. – № 1. – С. 18-24.
91. Сенина, Д. С. Способ комплексного применения методов оценки рисков в области информационных технологий / Д. С. Сенина, К. З. Билятдинов // Век качества. – 2026. – № 2. – С. 295-310.
92. Скобелев, Д. О. Трансформация российской промышленности на основе документов по стандартизации / Д. О. Скобелев, Т. В. Гусева, О. С. Ежова // Стандарты и качество. – 2026. – № 3. – С. 52-57.
93. Скобелев, К. Д. Интеллектуальные методы автоматизации контроля и предиктивного управления факельными выбросами установки первичной переработки нефти на основе цифрового двойника и системы машинного зрения / К. Д. Скобелев, В. Г. Благовещенский // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2026. – № 6. – С. 7-14.
94. Скобелев, К. Д. Организационно-информационная модель обеспечения контроля качества продукции / К. Д. Скобелев // Компетентность. – 2026. – № 4. – С. 12-17.

95. Скопина, М. А. Обеспечение качества молочной продукции в Германии / М. А. Скопина, Н. Н. Журавлева // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2016. – № 10-4. – С. 43-46.
96. Смольянова, А. П. Применение технологии сублимации в хлебопекарном производстве / А. П. Смольянова, М. О. Волошина, П. И. Пияйко // Заметки ученого. – 2021. – № 11-1. – С. 167-170.
97. Стадник, Е. И. Оптимизация бизнес-процессов на предприятиях по производству пищевых продуктов / Е. И. Стадник // Russian Economic Bulletin. – 2024. – Т. 7, № 5. – С. 420-425.
98. Тверяков, А.М. Совершенствование методов управления качеством / А.М. Тверяков // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – Т. 22. – № 1(93). – С. 50-55.
99. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» (ТР ТС 033/2013) : утвержден Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 9 октября 2013 г. № 67. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.eaeunion.org>.
100. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» (ТР ТС 021/2011) : утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 880. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.eaeunion.org>.
101. Технический регламент Таможенного союза «Пищевая продукция в части ее маркировки» (ТР ТС 022/2011) : утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г. № 881. – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://docs.eaeunion.org>.
102. Тимчук, Е. Г. Применение «электронных сенсорных» устройств, оснащенных искусственным интеллектом, для обеспечения качества пищевой продукции / Е. Г. Тимчук // Наука и бизнес: пути развития. – 2022. – № 10(136). – С. 131-133.

103. Тимчук, Е. Г. Применение искусственного интеллекта в пищевой промышленности / Е. Г. Тимчук // Научные труды Дальрыбвтуза. – 2022. – Т. 61, № 3. – С. 21-42.

104. ТР ТС 021/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности пищевой продукции» : утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 09.12.2011 № 880. – Москва : Стандартиформ, 2012. – 242 с.

105. ТР ТС 033/2013. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности молока и молочной продукции» : утв. Решением Совета Евразийской экономической комиссии от 09.10.2013 № 67. – Москва : Стандартиформ, 2014. – 97 с.

106. Тунян, Э. Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в персонализированном питании на основе анализа состава продуктов / Э. Г. Тунян, Р. С. Сазиков, С. А. Харламов // Успехи кибернетики. – 2025. – Т. 6, № 3. – С. 105-111.

107. Управление качеством разработки отечественных систем доверенного искусственного интеллекта / К. З. Билятдинов, Н. В. Маркелова, Ю. В. Разинкина, А. И. Акбашева // Компетентность. – 2025. – № 6. – С. 25-31.

108. Усанькова, Е. А. К вопросу о концептуальных основах управления качеством продукции / Е. А. Усанькова, А. С. Попова // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2023. – № 11. – С. 245-247.

109. Хроль, Е. В. Разработка имитационных моделей с помощью AnyLogic / Е. В. Хроль, А. Г. Уварова, А. В. Кужильный // Современные инновации, системы и технологии. – 2023. – Т. 3, № 4. – С. 119-130.

110. Центр агроаналитики [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://specagro.ru>

111. Чиж, Д.В. Организационные аспекты прогнозирования отказов оборудования для целей обеспечения качества продукции в цифровом производстве / Д.В. Чиж, А.И. Лысенков // Информационно-экономические

аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2026. – №2. – С. 68-72.

112. Шинкевич, А.И. Методика оценки ключевых показателей эффективности системы менеджмента качества организаций / А.И. Шинкевич, Д.Р. Алимова, Ф.Ф. Галимулина // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2025. – № 3 (84). – С. 25-31.

113. Экспертно-аналитический центр агробизнеса [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ab-centre.ru/market/moloko-1>

114. Эргашев, Б. А. Роль цифровых решений в мониторинге и контроле качества пищевой продукции на всех этапах цепочки поставок / Б. А. Эргашев, З. И. Шадиев // Universum: технические науки. – 2025. – № 3-4(132). – С. 30-32.

115. Fissore, D., On the use of a micro freeze-dryer for the investigation of the primary drying stage of a freeze-drying process / D. Fissore, G. Gallo, A. E. Ruggiero, T. N. Thompson // European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics. – 2019. – Vol. 141. – P. 121–129.

116. Frank, A. G. Industry 4.0 technologies: Implementation patterns in manufacturing companies / A.G. Frank, L. Dalenogare, N. F. Ayalaet // International Journal of Production Economics. – 2019. – Vol. 210. – P. 15–26.

117. Khoudi, A., Masrour T., El Hassani I, El Mazgualdi C. A Deep-Reinforcement-Learning-Based Digital Twin for Manufacturing Process Optimization / A. Khoudi, T. Masrour, I. El Hassani, C. El Mazgualdi // Systems. – 2024. – № 12. – P. 38.

118. Managing the Integration of Companies into Green Value Chains: A Regional Perspective / N. Shmeleva, V. Andreev, T. Tolstykh [et al.] // Sustainability. – 2025. – Vol. 17, No. 17.

119. Milknet [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://milknet.biz/surveys>

120. Semenov, G. V. The choice of the Parameters of Vacuum Freeze Drying to thermolabile materials with desired quality level / G. V. Semenov, A. A.

Tikhomirov, I. S. Krasnova // International journal of Applied Engineering Research. – 2016. – Vol. 11, no. 13. – Pp. 8056-8061.

121. Ziermann, A. Mikrobiologische Kriterien für Milch, Milchprodukte und andere Lebensmittel in Europa / A. Ziermann // Inaugural-Dissertation zur Erlangung der tiermedizinischen Doktorwürde der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität. – München, Germany, 2005. – 181 p.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Максимально допустимые уровни содержания остаточных количеств ветеринарных лекарственных средств (фармакологически активных веществ и их метаболитов) в пищевой продукции животного происхождения, в том числе в переработанной продукции животного происхождения, включая продовольственное (пищевое) сырье животного происхождения (составлено автором)

Ветеринарное лекарственное средство (фармакологически активное вещество и его метаболиты)	Максимально допустимые уровни, мг/кг, не более
Абамектин/Аверсектин	0,005
Амитраз	0,01
Амоксициллин Amoxicillin	0,004
Ампициллин Ampicillin	0,004
Баквелоприм	0,03
Бацитрацин Bacitracin	0,1
Галофугинон	0,001
Гентамицин	0,1
Данофлорксацин	0,03
Декоквинат	0,02
Диклазурил	0,005
Диклоксациллин	0,03
Имидокарб	0,05
Канамицин	0,15
Клавулановая кислота	0,2
Клоксациллин	0,03
Колистин	0,05
Ласалоцид	0,001
Линкомицин	0,15
Мадурамицин	0,002
Марбофлорксацин	0,075
Метронидазол/ диметридазол/ ронидазол/дапсон/ клотримазол/аминитризол	не допускается (< 0,001)
Монензин	0,002
Наразин	0,002
Нафциллин	0,03
Неомицин	1,5
Никарбазин	0,005
Нитрофураны	не допускается (< 0,001)
Новобиоцин	0,05
Оксациллин	0,3
Пирлимицин	0,1
Рифаксимин	0,06
Робендин	0,005
Салиномицин	0,002
Семдурамицин	0,002
Спектиномицин	0,2
Спирамицин	0,2

Ветеринарное лекарственное средство (фармакологически активное вещество и его метаболиты)	Максимально допустимые уровни, мг/кг, не более
Сульфаниламиды	0,025
Тиабендазол	0,2
Тиамфеникол	0,05
Тилмикозин	0,05
Тилозин	0,2
Триметоприм	0,05
Флавомицин	0,7
Флумеквин	0,05
Цефтиофур	0,1
Цефакетрил	0,125
Цефалоним	0,02
Цефоперазон	0,05
Цефкином	0,02
Цефапирин	0,01
Ципрофлоксацин / Энрофлоксацин / Пефлоксацин / Офлоксацин / Норфлоксацин	0,1
Эритромицин	0,04

Критерии оценки маркировки сублимированной молочной продукции (составлено автором)

1. Обязательные требования (ТР ТС 022/2011, ст. 4.1)

№	Параметр для проверки	Требование норматива
1.1	Наименование продукции (4.1, п.1.1)	Позволяет достоверно классифицировать продукт (4.3, п.1)
1.2	Состав продукции (4.1, п.1.2)	Компоненты указываются в порядке убывания массовой доли (4.4, п.1)
1.3	Количество продукции (4.1, п.1.3)	Масса нетто или объем
1.4	Дата изготовления (4.1, п.1.4)	Дата окончания технологического процесса производства пищевой продукции (ст. 2)
1.5	Срок годности (4.1, п.1.5)	Конкретный период или дата, до которой продукт пригоден
1.6	Условия хранения (4.1, п.1.6)	Соответствуют ТУ изготовителя или общим требованиям (4.1, п.1.6)
1.7	Наименование и адрес изготовителя (4.1, п.1.7)	Полное наименование юрлица или ФИО ИП, адрес (4.1, п.1.7)
1.8	Импортер/Уполномоченное лицо (4.1, п.1.7)	Для импортной продукции - наименование и адрес (4.1, п.1.7)
1.9	Пищевая ценность (4.1, п.1.9)	Белки, жиры, углеводы, энергетическая ценность (ккал/кДж) (ст.4.1.9)
1.10	Информация о ГМО (4.10, п.1.2)	При наличии компонентов из ГМО более 0,9% — маркировка (ст.4.11)
1.11	Единый знак обращения (4.1, п.1.11)	ЕАС — для легального оборота на рынке ЕАЭС (4.1, п.1.11)
1.12	Язык маркировки (4.1, п.2)	Русский язык (и государственные языки стран-участниц) (4.1, п.2)

2. Специфические требования для молочной продукции (ТР ТС 033/2013, ст. 12)

№	Параметр для проверки	Требование норматива
2.1	Номер партии (п.67, в)	Позволяет идентифицировать партию продукции
2.2	Стандарт или технический документ изготовителя (п.67, е)	Номер документа
2.3	Использование терминов обработки (п. 71)	Для термически обработанных продуктов - указание способа
2.4	Соответствие наименования понятиям ТР ТС 033 (п.73)	Наименование должно строго соответствовать терминологии регламента
2.5	Информация о заменителе молочного жира (ЗМЖ) (п.81)	При наличии ЗМЖ — обязательное указание
2.6	Массовая доля жира (п.86, б)	Обязательное указание жирности в процентах

3. Специфические критерии для сублимированной молочной продукции

№	Параметр для проверки	Обоснование
3.1	Указание на способ обработки («сублимированный»)	Потребитель должен идентифицировать специфический продукт, отличный от традиционного
3.2	Инструкция по восстановлению	Отсутствие информации о регидратации может привести к некачественному изготовлению готового продукта
3.3	Пищевая ценность для восстановленного продукта	При оценке пищевой ценности потребитель ориентируется на вес (объем) готового продукта
3.4	Условия хранения после вскрытия	Особые требования к условиям хранения вскрытой упаковки
3.5	Наличие маркировки «Честный знак»	Обязательная маркировка молочной продукции в РФ

Оценка информационной идентификации производителей сублимированной
молочной продукции (составлено автором)

Обязательные требования	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10	1.11	1.12
Гала-гала	2	2	2	2	2	2	2	-	2	0	0	2
Натива кондитер	2	2	2	2	2	2	2	-	2	0	2	2
Здоровая еда	2	2	2	2	2	1	2	-	2	0	2	2
Green life	2	2	2	2	2	2	2	-	2	0	2	2
Кронидов	2	2	2	2	2	2	2	-	2	0	2	0
Специфические требования для молочной продукции	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6						
Гала-гала	0	2	2	2	-	2						
Натива кондитер	0	2	2	2	-	0						
Здоровая еда	0	2	2	2	-	0						
Green life	0	2	0	1	-	0						
Кронидов	0	2	2	2	-	0						
Специфические требования для сублимированной молочной продукции	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5							
Гала-гала	2	2	0	0	0							
Натива кондитер	2	0	0	0	2							
Здоровая еда	2	0	0	0	0							
Green life	0	0	0	2	2							
Кронидов	2	2	0	0	2							

Перечень критериев оценки сублимированной молочной продукции
(разработано автором)

Таблица 1 – Для продуктов категории восстанавливаемые

Характеристика	Параметр	1 балл (не соответствует)	2 балла (частично соответствует)	3 балла (полностью соответствует)
1. Восстанавливаемость	Скорость растворения / набухания в воде	«Не растворяется даже через 20 минут», «приходится взбивать блендером»	«Растворяется, но медленно (5-10 минут)», «нужна тёплая вода»	«Быстро растворяется за 1-2 минуты», «достаточно просто залить водой»
	Степень восстановления исходной структуры	«Получилась каша/слизь/жидкость непонятная», «не похоже на творог/йогурт»	«Похоже, но консистенция не та (жидковат / густоват)», «зернистость не такая»	«После восстановления - как свежий продукт», «идеальная консистенция»
	Отсутствие нерастворимых комков	«Много комков, которые не разбиваются», «даже после взбивания комки остаются»	«Единичные мелкие комки», «при размешивании почти все уходят»	«Без комков», «растворяется равномерно», «гладкая масса»
2. Сохраняемость исходных свойств	Сохранение молочного жира (отсутствие прогорклости)	«Прогорклый вкус», «горчит», «мыльный привкус» (окисление жира)	«Слегка странный привкус, но терпимо», «некоторым не нравится»	«Вкус натурального молочного жира», «сливочный вкус», «никакой горечи»
	Органолептика восстановленного продукта	«Неприятный запах», «вкус химический/аптечный», «вообще не похоже на молочку»	«Съедобно, но уступает обычному», «немного пресный/водянистый»	«Как будто свежий продукт», «ароматный, вкусный», «не отличить от обычного»
3. Технологическая целостность	Сыпучесть / слипаемость (сухого продукта)	«Слипся в один монолит», «комки твёрдые как камень», «невозможно высыпать»	«Небольшие слипания, но легко разбиваются», «есть мелкие комочки»	«Сыпучий порошок/гранулы», «не слипается», «равномерный»
	Цвет сухого продукта	«Тёмный/коричневый/серый», «неравномерный»	«Кремовый/слегка желтоватый», «не совсем белый»	«Белый или равномерный кремовый», «цвет исходного молочного продукта»
	Запах сухого продукта	«Затхлый/кислый/химический», «пахнет комбикормом», «несвежий»	«Слабый запах, не молочный», «почти не пахнет»	«Приятный молочный запах», «пахнет сухим молоком / творогом / йогуртом»

Характеристика	Параметр	1 балл (не соответствует)	2 балла (частично соответствует)	3 балла (полностью соответствует)
4. Потребительская ценность в сравнении с традиционной формой	Потеря летучих ароматов	«Совсем нет запаха», «пахнет бумагой / ничем»	«Запах слабый, едва уловимый», «не такой яркий как у свежего»	«Аромат яркий, как у свежего продукта», «благодаря сублимации сохранён»
	Удобство хранения и транспорта	Громоздкая упаковка, большой вес, негерметично	Средняя упаковка, но неудобно открывать/закрывать	Компактная, лёгкая, герметичная упаковка, удобный zip-лок
5. Информационная полнота	Указание режима восстановления	Нет инструкции вообще или только «залить водой» без подробностей	Инструкция есть, но неполная (например, нет температуры или времени)	Полная инструкция: пропорции (г/мл), t° воды, время настаивания, способ (размешивать / не размешивать)

Таблица 2 – Для продуктов категории снеки

Характеристика	Параметр	1 балл (не соответствует)	2 балла (частично соответствует)	3 балла (полностью соответствует)
1. Текстура при употреблении	Скорость таяния / размягчения во рту	«Не тает во рту», «жёсткие, как камень», «приходится разгрызать с усилием»	«Тают медленно (30+ секунд)», «сначала твёрдые, потом мягчеют»	«Мгновенно тают во рту», «как только на язык — сразу мягкое», «не нужно жевать»
	Степень имитации исходного продукта при употреблении	«Не похоже на мороженое/йогурт вообще», «просто сладкий хруст»	«Отдалённо напоминает», «вкус есть, а текстура не та»	«Как будто ешь настоящее мороженое/йогурт», «полное сходство во рту»
	Наличие твёрдых / нерастворимых частиц	«Попадаются твёрдые куски, которые не разжевать», «песок на зубах»	«Иногда попадают мелкие твёрдые вкрапления»	«Нежная однородная текстура», «никаких твёрдых частиц»
2. Сохраняемость исходных свойств	Сохранение молочного жира (отсутствие прогорклости)	«Прогорклый вкус», «горчит», «мыльный привкус» (окисление жира)	«Слегка странный привкус, но терпимо», «некоторым не нравится»	«Вкус натурального молочного жира», «сливочный вкус», «никакой горечи»
	Органолептика продукта (вкус, аромат)	«Неприятный запах», «вкус химический/аптечный», «вообще не похоже на молочку»	«Съедобно, но уступает обычному десерту», «вкус пресный / слабый»	«Как будто свежий десерт», «ароматный, вкусный», «не отличить от оригинала»
3. Технологическая целостность	Целостность формы / хрупкость	«Раскрошились в труху», «в упаковке одна пыль», «ни одной целой штуки»	«Часть поломана, часть целая», «есть крошки»	«Все экземпляры целые», «ни одной крошки», «идеально сохранили форму»

Характеристика	Параметр	1 балл (не соответствует)	2 балла (частично соответствует)	3 балла (полностью соответствует)
			крошка, но можно есть»	
	Цвет продукта	«Тёмный/коричневый/серый», «неравномерный», «пятна»	«Кремовый/слегка желтоватый», «не совсем белый»	«Белый или равномерный кремовый», «цвет исходного молочного продукта»
	Запах сухого продукта	«Затхлый/кислый/химический», «пахнет комбикормом», «несвежий»	«Слабый запах, не молочный», «почти не пахнет»	«Приятный молочный запах», «пахнет мороженым / йогуртом»
4. Потребительская ценность в сравнении с традиционной формой	Сохранение вкусо-ароматического профиля	«Совсем не похоже на оригинал», «вообще нет того вкуса»	«Отдалённо напоминает», «вкус слабее, чем у свежего»	«Полное совпадение вкуса», «как будто ешь свежее мороженое»
	Удобство употребления и хранения	Неудобно есть (крошится, пачкает руки), громоздкая упаковка	Средне: можно есть, но есть нюансы, упаковка обычная	Удобно брать с собой, не крошится, компактная/порционная упаковка
5. Информационная полнота	Указание способа употребления	Нет информации о том, что это сухой снек	Есть указание «употреблять в сухом виде», но без деталей	Есть рекомендации: «положить на язык и дать растаять», «не разжёвывать», «добавлять в кашу/йогурт»

Оценка параметров качества сублимированных молочных продуктов (по категориям) (разработано автором)

Таблица 1 - Полученные оценки качества сублимированных молочных продуктов категории «восстановленные»

Сметана сублимированная «Гала-Гала»			
Характеристика	Параметр	Оценка (1-3)	Обоснование (на основе отзывов)
1. Восстанавливаемость	Скорость растворения / набухания в воде	2	Прямых жалоб на медленное растворение нет («размешал в однородную массу», «растворяется в теплой воде»). Но нет отзывов о мгновенном растворении (оценка 3) или о долгом (оценка 1). Средняя оценка.
	Степень восстановления исходной структуры	1	Мнения: «не восстановилось, получилась жидкая субстанция», «очень жидкая кисломолочная консистенция, на сметану мало похожая», «недосметана», «Не сметана это вообще»
	Отсутствие нерастворимых комков	2	Нет жалоб на комки («размешал в однородную массу»). Однако из-за того, что итоговая консистенция жидкая, проверить наличие мелких комков по отзывам невозможно.
2. Сохраняемость исходных свойств	Сохранение молочного жира (отсутствие прогорклости)	2	Нет жалоб на прогорклый, горький или мыльный привкус. Но «на поверхности проступили жировые капли».
	Органолептика восстановленного продукта	2	Положительные: «вкусно», «вкусенькая», «вкуснейшая», «вкусная», «по вкусу вкусно». Отрицательные: «не сметана», «жидкая субстанция», «недосметана». Итог: вкус нравится, но текстурное несоответствие портит впечатление.
3. Технологическая целостность	Сыпучесть / слипаемость (сухого продукта)	Нет данных	В отзывах не описывается состояние порошка до разведения.
	Цвет сухого продукта	Нет данных	Не упоминается.
	Запах сухого продукта	3	В отзывах потребитель отметил «запах» в достоинствах.
4. Потребительская ценность в сравнении	Потеря летучих ароматов	2	Прямых сравнений с ароматом свежей сметаны нет. Косвенно: запах сухого продукта хвалят, а о запахе

Сметана сублимированная «Гала-Гала»			
Характеристика	Параметр	Оценка (1-3)	Обоснование (на основе отзывов)
с традиционной формой			восстановленного данных нет. Возможна потеря, но не критичная.
	Удобство хранения и транспорта	3	Отзывы: «компактная», «мало весит», «удобно брать в походы», «удобство использования».
5. Информационная полнота	Указание режима восстановления	3	Инструкция есть, и она воспроизводима («делал по инструкции», «на 60 гр добавил 130 мл воды температурой 40 гр».

Таблица 2 - Полученные оценки качества сублимированных молочных продуктов категории «снеки»

АЙСЫ ВАНИЛЬ и КЛУБНИКА Сублимированное мороженое Green life			
Характеристика	Параметр	Оценка (1-3)	Обоснование
1. Текстура при употреблении	Скорость таяния во рту	3	«когда тают во рту ощущение как будто это тёплое мороженое», «мгновенно тают»
	Степень имитации мороженого	3	«прямо как мороженое ешь, только не холодное», «по вкусу один в один»
	Отсутствие твёрдых частиц	3	Нет жалоб на твёрдые вкрапления, все пишут о нежной текстуре
2. Сохраняемость	Сохранение молочного жира	3	«в конце жирненько расплывается по языку» - без горечи и прогорклости
	Органолептика	3	«не химические ароматы», «очень вкусно», «деликатный вкус»
3. Технологическая целостность	Целостность формы / хрупкость	2	Часть калет крошится при перевозке, но не критично
	Цвет	нет данных	Однородный, белый и розовый цвет калет (по фото)
	Запах	3	«не химические ароматы», «деликатный»
4. Потребительская ценность	Сохранение вкусового профиля	3	Полное совпадение со вкусом мороженого по отзывам
	Удобство употребления	2	Удобно брать в поход, но мелкие калеты неудобно есть, крошатся
5. Информационная полнота	Способ употребления	2	На упаковке, вероятно, не указано, как именно есть (но потребители догадались)
Йогурт сублимированный «Натива кондитер»			
Характеристика	Параметр	Оценка (1-3)	Обоснование (на основе отзывов)
1. Текстура при употреблении	Скорость таяния /	Нет данных	Используется как ингредиент (в зефир, ганаши, мороженое, какао). Отзывов о поедании в сухом виде нет.

АЙСЫ ВАНИЛЬ и КЛУБНИКА Сублимированное мороженое Green life			
Характеристика	Параметр	Оценка (1-3)	Обоснование
	размягчения во рту		
	Степень имитации исходного продукта	1	«это не йогурт, а ароматизатор», «пудра не дает йогуртовый вкус»
	Отсутствие твёрдых / нерастворимых частиц	2	Противоречивые данные: «не совсем растворилась», «десерт получился» Часть отзывов не фиксирует проблему.
2. Сохраняемость исходных свойств	Сохранение молочного жира (отсутствие прогорклости)	2	Нет прямых жалоб на прогорклость. Однако есть отзывы о кислом вкусе «на вкус кислый, не понравилось»), а также о «химическом привкусе».
	Органолептика продукта (вкус, аромат)	1	«сильно химический привкус», «ощущается вкус химии», «не натурально», «ароматизатор», «на любителя».
3. Технологическая целостность	Целостность формы / хрупкость	2	«консистенция - мелкий порошок», «пудра», «пакет с порошком». Это соответствует заявленному, но не соответствует фото в карточке товара (ожидали кусочки). «на фото увидела кусочки. Но на самом деле это порошок»
	Цвет продукта	Нет данных	Не описывается в отзывах.
	Запах сухого продукта	2	Противоречиво. Положительные отзывы: «аромат сливок, без сторонних запахов», «пахнет вкусно», «приятный запах». Негативные: «не очень ароматный», «как детское питание».
4. Потребительская ценность в сравнении традиционной формой	Сохранение вкусо-ароматического профиля (в сравнении со свежим йогуртом)	1	Практически полная потеря идентичности йогурта. Большинство потребителей не идентифицируют продукт как йогурт.
	Удобство употребления и хранения	2	упаковка герметичная, приходит в целости, но порошок пылит («все в пудре»), зип-пакет иногда поврежден («сам пакет зип - вскрыт»). Также есть проблема с несоответствием фото (ожидали кусочки).
5. Информационная полнота	Указание способа употребления	2	Продукт позиционируется как ингредиент для кондитеров. Потребители самостоятельно нашли применение. Однако есть отзывы о том, что ожидали

АЙСЫ ВАНИЛЬ и КЛУБНИКА Сублимированное мороженое Green life			
Характеристика	Параметр	Оценка (1-3)	Обоснование
			сnek («кусочки», как на фото) - значит, информация на упаковке/в карточке недостаточно четкая.
«Здоровая Еда» Мороженое сублимированное			
Характеристика	Параметр	Оценка (1-3)	Обоснование (на основе отзывов)
1. Текстура при употреблении	Скорость таяния / размягчения во рту	2	Прямых описаний скорости таяния нет. Косвенно: «как сухой зефир».
	Степень имитации исходного продукта (мороженого)	2	Мнения разделились. Положительно: «вкус клубники», «вкусное мороженое, необычное», «реально мороженое и реально вафля». Отрицательно: «привкус сухого молока, а не мороженого», «не вкусно вообще».
	Отсутствие твёрдых / нерастворимых частиц	3	Ни одной жалобы на твёрдые включения, песок на зубах или нерастворимые комки. Продукт характеризуется как «сухой зефир» - то есть нежная текстура.
2. Сохраняемость исходных свойств	Сохранение молочного жира (отсутствие прогорклости)	2	Нет прямых жалоб на прогорклость или горечь. Однако отзыв «привкус сухого молока» - может указывать на потерю жировой составляющей или использование сухого молока вместо цельного.
	Органолептика продукта (вкус, аромат)	2	Полярные оценки. Положительные: «очень вкусное» (несколько отзывов), «не вкусно вообще», «ерунда за большие деньги», «на любителя, попробовать стоит», «лучше покупайте натуральное».
3. Технологическая целостность	Целостность формы / хрупкость	2	Прямых жалоб на крошение нет.
	Цвет продукта	Нет данных	Не описывается в отзывах.
	Запах сухого продукта	Нет данных	Не описывается в отзывах.
4. Потребительская ценность в сравнении с традиционной формой	Сохранение вкусо-ароматического профиля (в сравнении с свежим мороженым)	2	Часть потребителей узнаёт вкус мороженого («реально мороженое»), часть - нет («привкус сухого молока»).

АЙСЫ ВАНИЛЬ и КЛУБНИКА Сублимированное мороженое Green life			
Характеристика	Параметр	Оценка (1-3)	Обоснование
	Удобство употребления и хранения	2	Плюсы: «все красиво и качественно упаковано». Минусы: высокая цена («очень дорого», «мало и для одного брикета дорого», «дорого»), малый объём («очень мало»).
5. Информационная полнота	Указание способа употребления	2	Продукт очевиден как снек (сухое мороженое-вафля). Чёткого указания «рассасывать» или «разгрызать» нет, но потребители интуитивно поняли.

Таблица 3 - Анализируемый продукт и источники данных

Наименование продукта	Источники данных
Сметана сублимированная «Гала-Гала»	https://market.yandex.ru/ https://www.ozon.ru/
Айсы-сублимайсы Сублимированное мороженое Green life	https://www.ozon.ru/
Йогурт сублимированный «Натива кондитер»	https://www.ozon.ru/
"Здоровая Еда" Мороженое сублимированное	https://www.ozon.ru/ https://www.wildberries.ru/

Исходный программный код алгоритма процессов обратной связи в системе управления качеством (на примере сублимированного молока) (разработано автором)

```
----- index.html -----

<!DOCTYPE html>
<html lang="ru">

<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Проверка качества молока</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>

<body>
  <div class="container">
    <h1>Проверка качества цельного сухого молока</h1>
    <p class="subtitle">Предиктивная модель качества продукции</p>

    <div class="blocks-container">
      <div class="block">
        <h2>1. Параметры по сырью</h2>
        <table class="params-table">
          <thead>
            <tr>
              <th>Переменные</th>
              <th>Параметр</th>
              <th>Значение</th>
              <th>Статус</th>
            </tr>
            <tr class="group-header">
              <td><em>X<sub>1</sub></em> (X<sub>1</sub>)</td>
              <td colspan="3">Параметры качества сырья — коровьего молока 1 сорта</td>
            </tr>
          </thead>
          <tbody>
            <tr>
              <td><em>X<sub>11</sub></em></td>
              <td>Температура, °C</td>
              <td><input type="number" step="0.1" data-validate="range" data-min="0" data-max="10" data-index="1"></td>
              <td class="status"></td>
            </tr>
            <tr>
              <td><em>X<sub>12</sub></em></td>
```

```

        <td>Массовая доля жира, %</td>
        <td><input type="number" step="0.1" data-validate="exact" data-value="3.5" data-
tolerance="0.1" data-index="2"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>X<sub>13</sub></em></td>
        <td>Плотность, г/см3</td>
        <td><input type="number" step="0.001" data-validate="exact" data-value="1.027"
data-tolerance="0.001" data-index="3"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>X<sub>14</sub></em></td>
        <td>Кислотность, °Т</td>
        <td><input type="number" step="0.1" data-validate="range" data-min="16" data-
max="18" data-index="4"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>X<sub>15</sub></em></td>
        <td>Группа чистоты, не ниже</td>
        <td><input type="number" step="1" data-validate="min" data-value="1" data-
index="5"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>X<sub>16</sub></em></td>
        <td>Бактериальное обсеменение, тыс./мл</td>
        <td><input type="number" step="1" data-validate="max" data-value="299" data-
index="6"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>X<sub>17</sub></em></td>
        <td>Содержание соматических клеток, тыс./мл</td>
        <td><input type="number" step="1" data-validate="max" data-value="500" data-
index="7"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
</tbody>
</table>
<p class="block-total">Соответствует: <span id="block1-count">0</span> из 7
параметров</p>
</div>

```

```

<div class="block">
    <h2>2. Параметры по технологии производства</h2>
    <table class="params-table">
        <thead>
            <tr>
                <th>Переменные</th>
                <th>Параметр</th>
            </tr>
        </thead>
    </table>

```

```

        <th>Значение</th>
        <th>Статус</th>
    </tr>
    <tr class="group-header">
        <td><em>Технология производства</em> (X<sub>2</sub>)</td>
        <td colspan="3">Технологические параметры сушки молока на сублимационной
сушилке</td>
    </tr>
</thead>
<tbody>
    <tr>
        <td><em>X<sub>21</sub></em></td>
        <td>Температура замораживания, °C</td>
        <td><input type="number" step="0.1" data-validate="exact" data-value="-50" data-
tolerance="1" data-index="1"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>X<sub>22</sub></em></td>
        <td>Температура сублимации, °C</td>
        <td><input type="number" step="0.1" data-validate="range" data-min="23" data-
max="27" data-index="2"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>X<sub>23</sub></em></td>
        <td>Давление в сушильной установке, Па</td>
        <td><input type="number" step="1" data-validate="range" data-min="60" data-
max="75" data-index="3"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>X<sub>24</sub></em></td>
        <td>Продолжительность сушки, часов</td>
        <td><input type="number" step="0.1" data-validate="range" data-min="10" data-
max="15" data-index="4"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
</tbody>
</table>
<p class="block-total">Соответствует: <span id="block2-count">0</span> из 4
параметров</p>
</div>

```

```

<div class="block">
    <h2>3. Параметры по состоянию оборудования</h2>
    <table class="params-table">
        <thead>
            <tr>
                <th>Переменные</th>
                <th>Параметр</th>
                <th>Значение</th>
                <th>Статус</th>
            </tr>
        </thead>
    </table>

```

```

    </tr>
    <tr class="group-header">
      <td><em>Состояние оборудования</em> (X<sub>3</sub>)</td>
      <td colspan="3">Технологические параметры используемого оборудования</td>
    </tr>
  </thead>
  <tbody>
    <tr>
      <td><em>X<sub>31</sub></em></td>
      <td>Система охлаждения, °C</td>
      <td><input type="number" step="0.1" data-validate="range" data-min="2" data-
max="4" data-index="1"></td>
      <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><em>X<sub>32</sub></em></td>
      <td>Температура пастеризации, °C</td>
      <td><input type="number" step="0.1" data-validate="range" data-min="72" data-
max="85" data-index="2"></td>
      <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
      <td><em>X<sub>33</sub></em></td>
      <td>Температура выпаривания, °C</td>
      <td><input type="number" step="0.1" data-validate="range" data-min="45" data-
max="60" data-index="3"></td>
      <td class="status"></td>
    </tr>
  </tbody>
</table>
<p class="block-total">Соответствует: <span id="block3-count">0</span> из 3
параметров</p>
</div>

```

```

<div class="block">
  <h2>4. Параметры по конечному продукту</h2>
  <table class="params-table">
    <thead>
      <tr>
        <th>Переменные</th>
        <th>Параметр</th>
        <th>Значение</th>
        <th>Статус</th>
      </tr>
      <tr class="group-header">
        <td><em>Качество продукции</em> (Y)</td>
        <td colspan="3">Параметры качества цельного сухого молока</td>
      </tr>
    </thead>
    <tbody>
      <tr>
        <td><em>y<sub>1</sub></em></td>
        <td>Массовая доля влаги, %, не более</td>

```

```

        <td><input type="number" step="0.1" data-validate="max" data-value="3.9" data-
index="1"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>y<sub>2</sub></em></td>
        <td>Массовая доля жира, %</td>
        <td><input type="number" step="0.1" data-validate="range" data-min="26.0" data-
max="41.9" data-index="2"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>y<sub>3</sub></em></td>
        <td>Массовая доля белка в сухом обезжиренном молочном остатке, %, не
менее</td>
        <td><input type="number" step="0.1" data-validate="min" data-value="34.0" data-
index="3"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>y<sub>4</sub></em></td>
        <td>Массовая доля молочного сахара (лактозы), %</td>
        <td><input type="number" step="0.1" data-validate="range" data-min="31.5" data-
max="40.0" data-index="4"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>y<sub>5</sub></em></td>
        <td>Индекс растворимости, см3 сырого осадка, не более</td>
        <td><input type="number" step="0.01" data-validate="max" data-value="0.2" data-
index="5"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>y<sub>6</sub></em></td>
        <td>Группа чистоты, не ниже</td>
        <td><input type="number" step="1" data-validate="min" data-value="1" data-
index="6"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
    <tr>
        <td><em>y<sub>7</sub></em></td>
        <td>Кислотность, °T</td>
        <td><input type="number" step="0.1" data-validate="range" data-min="14" data-
max="21" data-index="7"></td>
        <td class="status"></td>
    </tr>
</tbody>
</table>
<p class="block-total">Соответствует: <span id="block4-count">0</span> из 7
параметров</p>
</div>
</div>

```

```
<script src="script.js"></script>
</body>

</html>
```

```
----- styles.css -----

* {
  margin: 0;
  padding: 0;
  box-sizing: border-box;
}

body {
  font-family: 'Segoe UI', Tahoma, Geneva, Verdana, sans-serif;
  background: linear-gradient(135deg, #f5f7fa 0%, #c3cfe2 100%);
  min-height: 100vh;
  padding: 20px;
}

.container {
  max-width: 1200px;
  margin: 0 auto;
}

h1 {
  text-align: center;
  color: #2c3e50;
  margin-bottom: 10px;
}

.subtitle {
  text-align: center;
  color: #7f8c8d;
  margin-bottom: 30px;
  font-style: italic;
}

.blocks-container {
  display: flex;
  flex-direction: column;
  gap: 25px;
}

.block {
  background: white;
  border-radius: 12px;
  padding: 25px;
  box-shadow: 0 4px 6px rgba(0, 0, 0, 0.1);
}
```

```

.block h2 {
  color: #2980b9;
  margin-bottom: 20px;
  font-size: 1.4rem;
}

.block-total {
  font-weight: bold;
  color: #34495e;
  margin-top: 20px;
  padding: 10px;
  background: #ecf0f1;
  border-radius: 6px;
}

.params-table {
  width: 100%;
  border-collapse: collapse;
  margin-top: 10px;
}

.params-table th,
.params-table td {
  padding: 10px;
  text-align: left;
  border-bottom: 1px solid #ecf0f1;
}

.params-table th {
  background: #f8f9fa;
  color: #2c3e50;
  font-weight: 600;
}

.params-table tbody>tr>td:first-child {
  text-align: center;
  font-style: italic;
  color: #7f8c8d;
  width: 180px;
}

.params-table td:nth-child(2) {
  color: #616869;
  font-size: 1rem;
  max-width: 300px;
}

.params-table td:nth-child(3) {
  width: 150px
}

.params-table td:nth-child(3),
.params-table td:nth-child(4),

```

```

.params-table th:nth-child(3),
.params-table th:nth-child(4) {
    text-align: center;
}

.group-header {
    background: #fff3cd !important;
    font-style: italic;
    color: #856404;
}

.group-header {
    background: #fff3cd !important;
    color: #856404;
}

.group-header td {
    padding: 12px 10px;
    font-weight: normal;
    border-bottom: 2px solid #ffeeba;
}

.group-header td:first-child {
    text-align: center;
    font-style: italic;
    font-weight: bold;
    width: 140px;
}

.group-header td:not(:first-child) {
    text-align: center;
    font-size: 1.3rem;
    font-weight: normal;
    font-style: normal;
}

.params-table input[type="number"] {
    width: 100%;
    padding: 8px 12px;
    border: 2px solid #dcdde1;
    border-radius: 6px;
    font-size: 1rem;
    transition: border-color 0.3s, box-shadow 0.3s;
}

.params-table input[type="number"]:focus {
    outline: none;
    border-color: #3498db;
    box-shadow: 0 0 3px rgba(52, 152, 219, 0.2);
}

.status {
    font-weight: bold;

```

```

    font-size: 1.2rem;
    min-width: 70px;
}

.status.valid {
    color: #27ae60;
}

.status.invalid {
    color: #e74c3c;
}

.status.empty {
    color: #bdc3c7;
}

.overall-result {
    margin-top: 30px;
    background: linear-gradient(135deg, #667eea 0%, #764ba2 100%);
    color: white;
    padding: 25px;
    border-radius: 12px;
    text-align: center;
}

.overall-result h3 {
    margin-bottom: 15px;
    font-size: 1.3rem;
}

.overall-result p {
    font-size: 1.5rem;
    font-weight: bold;
}

@media (max-width: 600px) {
    .params-table {
        font-size: 0.85rem;
    }

    .params-table th,
    .params-table td {
        padding: 6px;
    }
}

```

----- script.js -----

```

document.addEventListener('DOMContentLoaded', () => {
    const inputs = document.querySelectorAll('.params-table input[type="number"]');

    inputs.forEach(input => {

```

```

        input.addEventListener('input', () => validateInput(input));
        input.addEventListener('change', () => validateInput(input));
    });
});

function validateInput(input) {
    const value = input.value.trim();
    const statusCell = input.closest('tr').querySelector('.status');

    if (value === "") {
        statusCell.textContent = "";
        statusCell.className = 'status empty';
        updateAllCounts();
        return;
    }

    const numValue = parseFloat(value);
    const validateType = input.dataset.validate;
    let isValid = false;

    switch (validateType) {
        case 'range':
            const min = parseFloat(input.dataset.min);
            const max = parseFloat(input.dataset.max);
            isValid = numValue >= min && numValue <= max;
            break;

        case 'exact':
            const target = parseFloat(input.dataset.value);
            const tolerance = parseFloat(input.dataset.tolerance) || 0;
            isValid = Math.abs(numValue - target) <= tolerance;
            break;

        case 'min':
            const minVal = parseFloat(input.dataset.value);
            isValid = numValue >= minVal;
            break;

        case 'max':
            const maxVal = parseFloat(input.dataset.value);
            isValid = numValue <= maxVal;
            break;
    }

    statusCell.textContent = isValid ? '✓' : '✗';
    statusCell.className = 'status ' + (isValid ? 'valid' : 'invalid');

    updateAllCounts();
}

function updateAllCounts() {
    const allBlocks = document.querySelectorAll('.block');

```

```

let totalValid = 0;
let totalFilled = 0;

allBlocks.forEach(block => {
  const inputs = block.querySelectorAll('.params-table tbody input[type="number"]');
  const statuses = block.querySelectorAll('.params-table tbody .status');
  let blockValid = 0;
  let blockFilled = 0;

  inputs.forEach((input, index) => {
    if (input.value.trim() !== "") {
      blockFilled++;
      totalFilled++;
      if (statuses[index].classList.contains('valid')) {
        blockValid++;
        totalValid++;
      }
    }
  });

  const countDisplay = block.querySelector('.block-total span');
  countDisplay.textContent = `${blockValid}`;
});
}

```

Пример формы реестра риска на предприятии

Идентификация опасных событий							Анализ риска					Вероятность опасного события	Результат количественной оценки риска	Уровень неопределенности оценки риска	
Индивидуальный идентификатор опасного события	Краткое наименование опасного события и его описание	Этап жизненного цикла продукции (услуги), на котором может возникнуть опасное событие	Причина опасного события	Возможные воздействия и последствия опасных событий на деятельность организации	Предупреждающие средства контроля и методы управления	Средства контроля и методы управления по реагированию на опасное событие и восстановление деятельности	Уровень применяемых предупредительных средств контроля и методов управления	Уровень применяемых средств контроля и методов управления по реагированию на опасное событие и восстановление деятельности	Источники данных и предложения, используемые при оценке риска	Метод оценки и анализа риска	Оценка последствий (ущерба) при реализации опасного события				
															Дни простоя
				Объект воздействия опасного события	Описание воздействия опасного события										

Форма мониторинга и пересмотра риска

№ п/п	Статус реализации запланированных мероприятий	Анализ эффективности	Переоценка существующих рисков;	Выявление новых рисков и разработка дополнительных мероприятий	Ответственный

Технологические схемы Цеха сублимированной продукции «Грин Лайф» от фабрики здоровой еды «Green House» ООО «СХ Техника»

№	Наименование оборудования
1	Шнековый СДВ 15-35 сектор. в/горизонт. 1,5м. Высота паровая 3,5м. 1,6 кВт/ч
2	Спелители из. конеры
3	Мельница на фритши – Мельничная СРБСР-15НЖ (50кг/ч) 15 кВт/ч
4	Опол. производственный СРЧ (голова скарпана, ножа ручной)
5	Машина для мойки картофеля ММ-150 (3570МТ/42073) 8 кВт/ч
6	Теплока для ледяной нерж (600/750)
7	Фабрикатер ледяной СД 60. (14000/100/250) 250 кВт/ч/сек
8	Система вентиляции для транспортировки ледяных
9	Оушник для рук Корпуса 1 кВт/ч
10	Рабочая с каленем красным
№	Наименование помещения
1	Трибуна
2	Помещение персонала
3	Солука
4	Коридор
5	Лестничная клетка
6	Электрощитовая
7	Упл. блок Коридора
8	Зеркальный блок для аккумуляторов
9	Склад сырья №1,2,3 (-25 С)
10	Коридор производственный 1 этаж
11	Помещение Выхода ПП
12	Солука
13	Лестничная клетка
14	Кабинет хранения
15	Два участка №1 (+22 С)
16	Два участка
17	Два участка сырья (-5 С)
18	Два участка (+12 С)
19	Два участка
20	Два участка сырья (-5 С)
21	Холодильная камера (-25 С)
22	Лит. персонал ПП

Схема технологическая общая 1 этаж

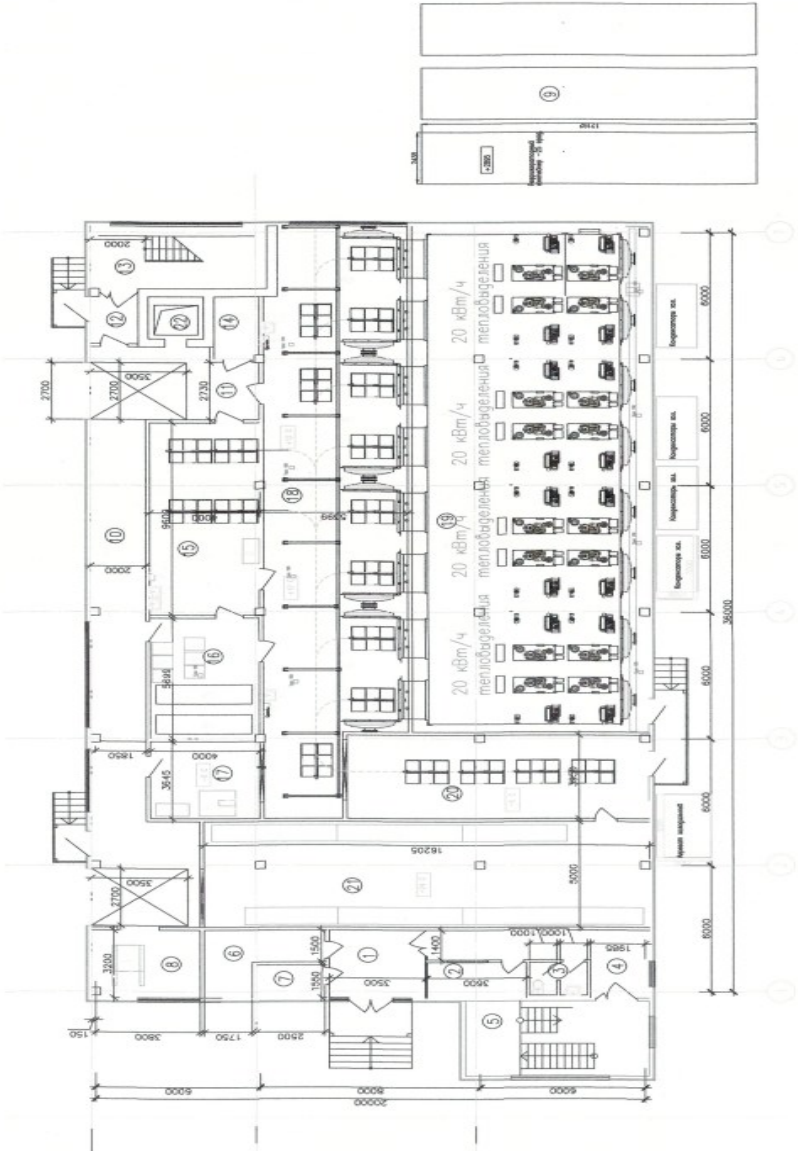
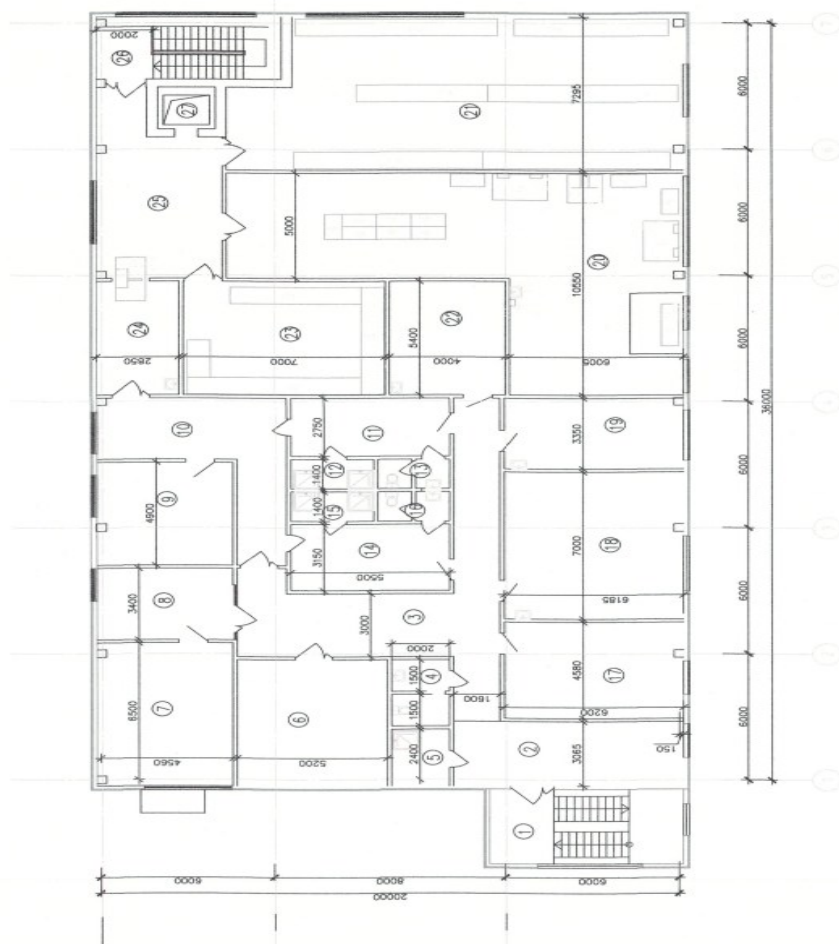


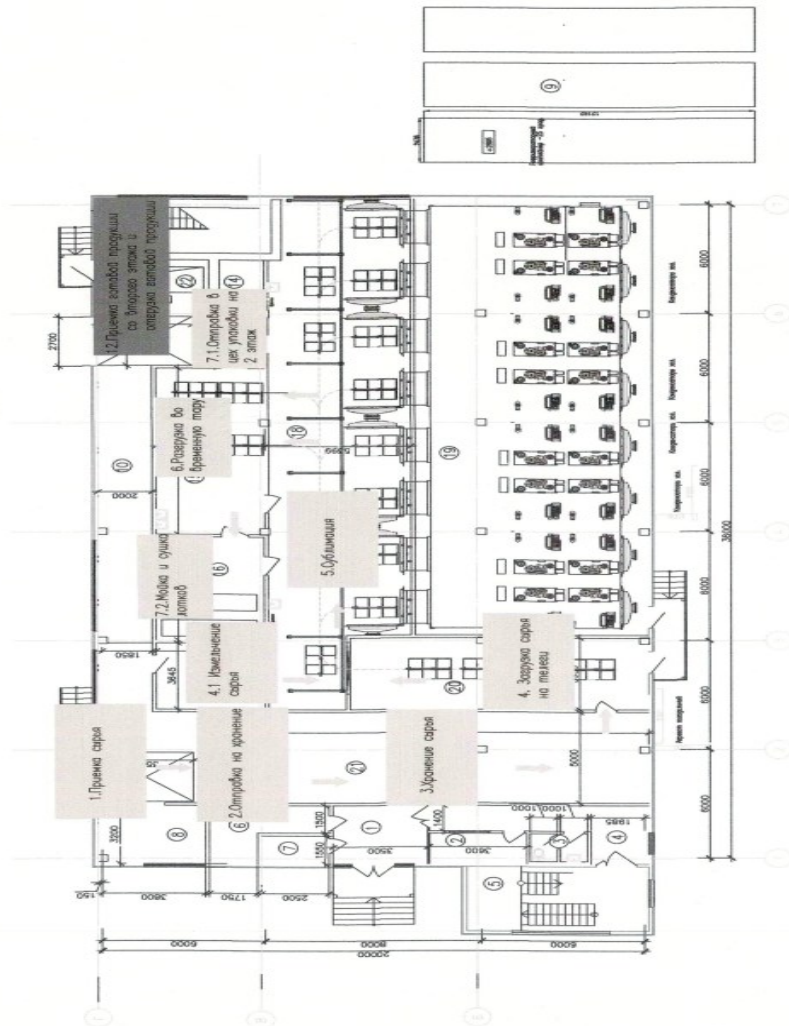
Схема технологическая общая 2 этаж



№	Наименование оборудования
1	Специальная установка – ОМ-102 Однопортовый модуль газления (вод. давление, вода р/к, давление, турбинит, датчик обратного хода)
2	Специальная камера хранения
3	Мельница для получения фракции порошка – Измельчитель СТЕПЕР-7М (200кг/ч) 7,5 кВт
4	Стоп производственный СТР-Ч (полка складная, ножки, ухваты)
5	Вентиляционный установочный объект Машина ПИПТМ М + Водой 2х топливный двигатель (0,015-2м) (для фракции) 3 кВт, 500 л/мин
6	Установочная машина "Пилот М" + двигатель ДДГ (для порошка) 3 кВт, 500 л/мин
7	Компрессор Релига поршневого с рессорным приводом 05 4/0-500 LB 75 Тонны 5,5 кВт + 5,5 кВт/ч
8	Специальная установка для хранения улова
9	Осушитель для улова
10	Решетка с колесами хранения

№	Наименование помещения
1	Лестничная клетка
2	Вестибюль
3	Коридор АБК
4	Сол. улова
5	ПУИ
6	Комната переоборудов
7	Кабинет директора
8	Промысловый директор
9	Инженерно-производственный отдел
10	Судебный коридор
11	Мужская раздевалка
12	Душевая
13	Сол. улова
14	Женская раздевалка
15	Душевая
16	Сол. улова
17	Кабинет персонала
18	Лаборатория пищевой продукции
19	Бокс обработки спец. одежды
20	Цех упаковки №2
21	Склад ПП
22	Комната отдыха
23	Склад упаковки
24	Склад упаковки
25	Коридор производственный 2 этаж
26	Лестничная клетка
27	Лифт арматурный ПП

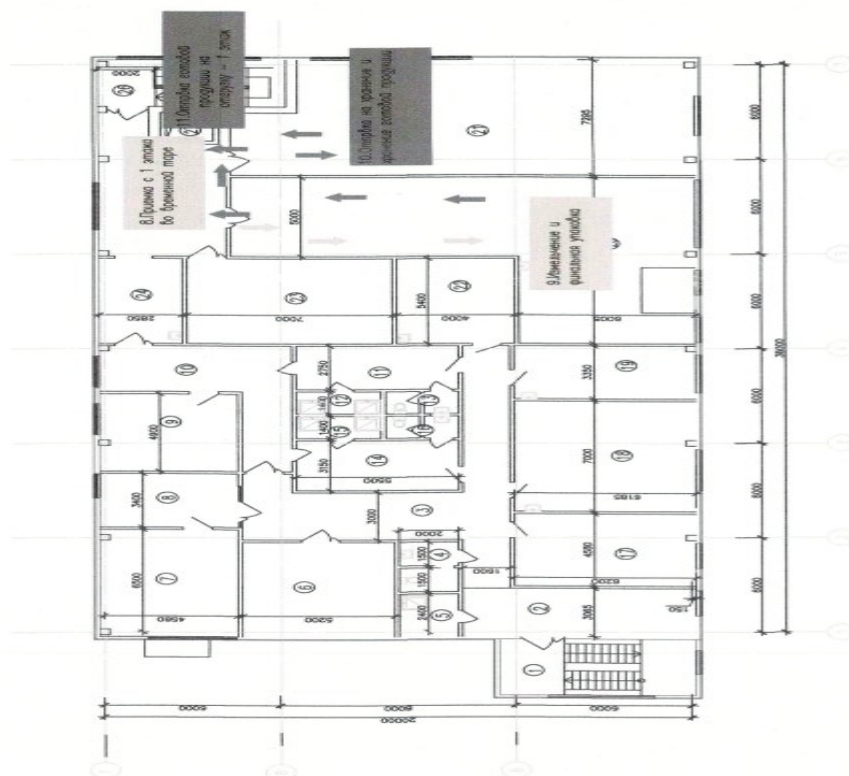
Схема технологическая общая 1 этаж



1. Производится приемка сырьевых партий от поставщиков на полигон, либо со склада сырья №2/3.
2. Сырьевые партии отправляются на складские хранения в "Холодную камеру" (-25 °С).
3. Хранение в "Холодной камере" (-25 °С) производится до восстановления.
4. Зарядка паллет осуществляется в охлажденном помещении "Цех подготовки сырья" (-5 °С). Сырье поступает со склада хранения "Холодная камера" (-25 °С), раскрывается на ленте робин-слейн и загружается на паллеты. Ориентировочное время загрузки паллет субмотора – 20 минут.
- 4.1. Измельчение сырья на фрезе происходит в измельчители "Цех измельчения сырья" (-5 °С). Сырье в "Цех измельчения сырья" (-5 °С) поступает со склада хранения "Холодная камера" (-25 °С). Измельченное сырье отправляется в "Цех подготовки сырья" (-5 °С) для загрузки на паллеты субмотора.
5. На "Цех подготовки сырья" (-5 °С) загруженные паллеты отправляются по конвейерному пути в измельчители сырья в "Цех обработки" (-12 °С). После загрузки паллет конвейер паллет в субмотор, оператор субмотора или запускает машину.
- Выход: Обработанное сырье отправляется на склад хранения сырья у кадра оператора субмотора. Зарядка второй камеры производится не ранее, чем через 9-10 часов после загрузки первой камеры.
- Ориентировочное время процесса обработки от 18 до 28 часов, в зависимости от продукта, площади сил, количества сырья и типа оборудования, соединяющего в процессе.
- После завершения процесса обработки оператор субмотора или оператор субмотора запускает процесс и отправляет сырье на склад хранения. В течение 8-9 минут происходит набор отсыревшего субмотора. После завершения работы оператор субмотора или оператор субмотора отправляет сырье в склад хранения сырья с готовой продукцией.
- Оператор субмотора или оператор субмотора запускает процесс (40-50 минут, в зависимости от площади сил, количества сырья, после чего субмотора сырье отправляется к любой загрузке.
6. Сырье с готовой продукцией отправляется в цех упаковки для формирования паллет "Цех упаковки №1".
- Готовая продукция с лентой перемещается по бункерной ленте, на бункерной ленте формируется паллет.
- 7.1. Готовая продукция отправляется в "Цех упаковки №2" на склад хранения.
- 7.2. Готовые паллеты отправляются на паллеты в "Цех упаковки" для мойки и сушки.
12. Оператор субмотора или оператор субмотора запускает процесс загрузки субмотора в зоне отгрузки.

№	Наименование оборудования
1	Шпатель ЦД 15-35 соплом, 40/100мм 1,5м, высота подачи 3,5м, 1,6 кВт/ч
2	Стеллажи под камеры
3	Измельчитель на фрезе – Измельчитель ЦЕПР-15М (500кг/ч) 15 кВт/ч
4	Система кондиционирования ЦПР (паллетная камера)
5	Машина для мойки паллет МП-150 (357МВт/4073) 8 кВт/ч
6	Тележка для паллет ТР (600/350)
7	Субмотор старшая СТ 60 (1000/210/250) 250 кВт/час
8	Система вентиляции для предотвращения пыления
9	Осушитель для воздуха 1 кВт/ч
10	Рабочие с планом входов
11	Наименование помещения
1	Табур
2	Помещение сырья
3	Осушитель
4	Конвейер
5	Измельчитель сырья
6	Эксплуатация
7	Упаковка сырья
8	Зарядка сырья на паллеты
9	Осушитель сырья №1/2/3 (-25 °С)
10	Конвейер транспортировки 1 этаж
11	Помещение сырья №1
12	Табур
13	Измельчитель сырья
14	Кабинет хранения
15	Цех упаковки №1 (-25 °С)
16	Цех упаковки
17	Цех измельчения сырья (-5 °С)
18	Цех упаковки (-12 °С)
19	Цех упаковки
20	Цех упаковки сырья (-5 °С)
21	Измельчитель сырья (-25 °С)
22	Паллетирование №1

Схема технологическая общая 2 этаж



8. Обчисліть прилежність сторін до бісектриси кута $\angle C$ трикутника.
- 9.9.9. Чи рівні трикутники ABC і DEF , якщо $\angle A = 100^\circ$, $\angle B = 40^\circ$, $\angle C = 40^\circ$, $\angle D = 100^\circ$, $\angle E = 40^\circ$, $\angle F = 40^\circ$?
10. Обчисліть прилежність сторін до бісектриси кута $\angle C$ трикутника.
11. Обчисліть прилежність сторін до бісектриси кута $\angle C$ трикутника.

№	Наименование продукции
1	Полученная масса
2	Вещество
3	Корпус ИХ
4	Спл. угля
5	ПВН
6	Контакт переборки
7	Кабель электропривода
8	Привод электропривода
9	Изолятор-разборочный лоток
10	Сварочный аппарат
11	Масса переборки
12	Душлов
13	Спл. угля
14	Масса переборки
15	Душлов
16	Спл. угля
17	Кабель электропривода
18	Электропривод плавильного агрегата
19	Блок обработки газа, сжигателя
20	Цепь электропривода №2
21	Сварочный аппарат
22	Контакт электропривода
23	Сварочный аппарат
24	Сварочный аппарат
25	Корпус электропривода №2
26	Полученная масса
27	Датчик температуры

Гистограммы распределения частот по показателям качества готового продукта, а также показателям качества сырья и технологии производства
(рассчитано автором)

