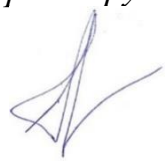
На правах рукописи



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

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Казань – 2026

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Научный руководитель:	**Кудрявцева Светлана Сергеевна** доктор экономических наук, доцент
Официальные оппоненты:	**Билятдинов Камиль Закирович** доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», профессор кафедры инноватики и интегрированных систем качества; **Гусева Татьяна Валериановна** доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное учреждение «Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», научный руководитель.
Ведущая организация:	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань.

Защита состоится 18 декабря 2026 года в 12:00 на заседании диссертационного совета 24.2.312.08, созданного на базе ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» (420015, г. Казань, ул. К. Маркса, д. 68, зал заседаний Учёного совета, А – 330).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет» и на сайте https://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=599815.

Автореферат диссертации разослан «____»_____2026 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета 24.2.312.08,
доктор экономических наук, доцент — Кудрявцева Светлана Сергеевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

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 достает 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: Бабушкин В.М., 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.

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: 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; 7. Научные основы управления рисками и предотвращения несоответствий в технических и организационных системах; 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 субли-

мированной 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» (№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, 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 РФ по специальности 2.5.22 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, 2026 г.); 10-ая Международная молодежная научно-практическая конференция «Молодежь и системная модернизация страны» (Курс, 2026 г.); 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 общим объемом 3,33 п. л. (в т. ч. авторский вклад – 2,72 п. л.), из них 4 статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России, 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении освещена актуальность предлагаемого исследования; определены цели и задачи работы; раскрыты основные положения, выносимые на защиту, и их научная новизна; определена теоретическая и практическая значимость результатов исследования; обобщены основные результаты, полученные в рамках исследования.

В первой главе «Анализ научно-технических разработок по организации систем управления качеством в производстве молочной продукции полного цикла» приведен обзор научных исследований по интеграции методов искусственного интеллекта в задачи управления качеством процессов и продукции сублимации. Представлен анализ базы стандартов, регламентирующих организацию производства и требования к качеству сублимированной молочной продукции.

На основе анализа отраслевых стандартов выявлены недостатки в нормативно-правовой базе по вопросам менеджмента качества применительно к пищевой промышленности, в частности, не обозначены специфические риски для производства сублимированного молока.

Систематизированы основные рекомендации по совершенствованию нормативной базы и ожидаемые результаты от их внедрения в организацию производства и соблюдение требований к качеству сублимированной молочной продукции.

Выявлены особенности системы оценки качества сублимированных молочных продуктов – слабая регулируемость данного вида пищевой продукции, т.к. он представляет собой относительно новый вид продукта, поэтому законодатель определяет только необходимые требования безопасности данного вида продукции и не регулирует требования относительно состава, физико-химических и органолептических свойств продуктов.

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

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).

Установлены ряд проблем информационной идентификации сублимированных молочных продуктов, обусловленных спецификой формы выпуска и особенностями употребления – например, не все производители размещаю идентификаторы системы «Честный знак» на своей продукции, что является обязательным для молочной продукции. Это факт, в свою очередь, способствует появлению дополнительных рисков в системе менеджмента качества. Кроме этого, ряд производителей не размещают на упаковке информацию о номере партии производства, что существенно усложняет реализацию процесса управления качеством в части расследования отклонений параметров качества.

Во второй главе «Концепция развития системы менеджмента качества производства сублимированной молочной продукции на основе предиктивной диагностики управления рисками» представлена типология производственных факторов

(рисков), влияющих на соответствие сублимированной молочной продукции требуемому качеству – внутренних и внешних производственных факторов по составу и степени воздействия.

Разработана структурная модель предиктивной аналитики качества продукции и управления рисками несоответствий, в которой возможные факторы риска возникновения производственного брака представлены в виде трех основных групп:

– качество сырья и материалов для производства или их соответствие регламентирующей документации (ГОСТ, ТУ и пр.);

– техническое состояние и наличие отклонений в работе оборудования, используемого на всех этапах производства продукции;

– выполнение установленной регламентирующей документацией технологии производства продукции (рисунок 1).

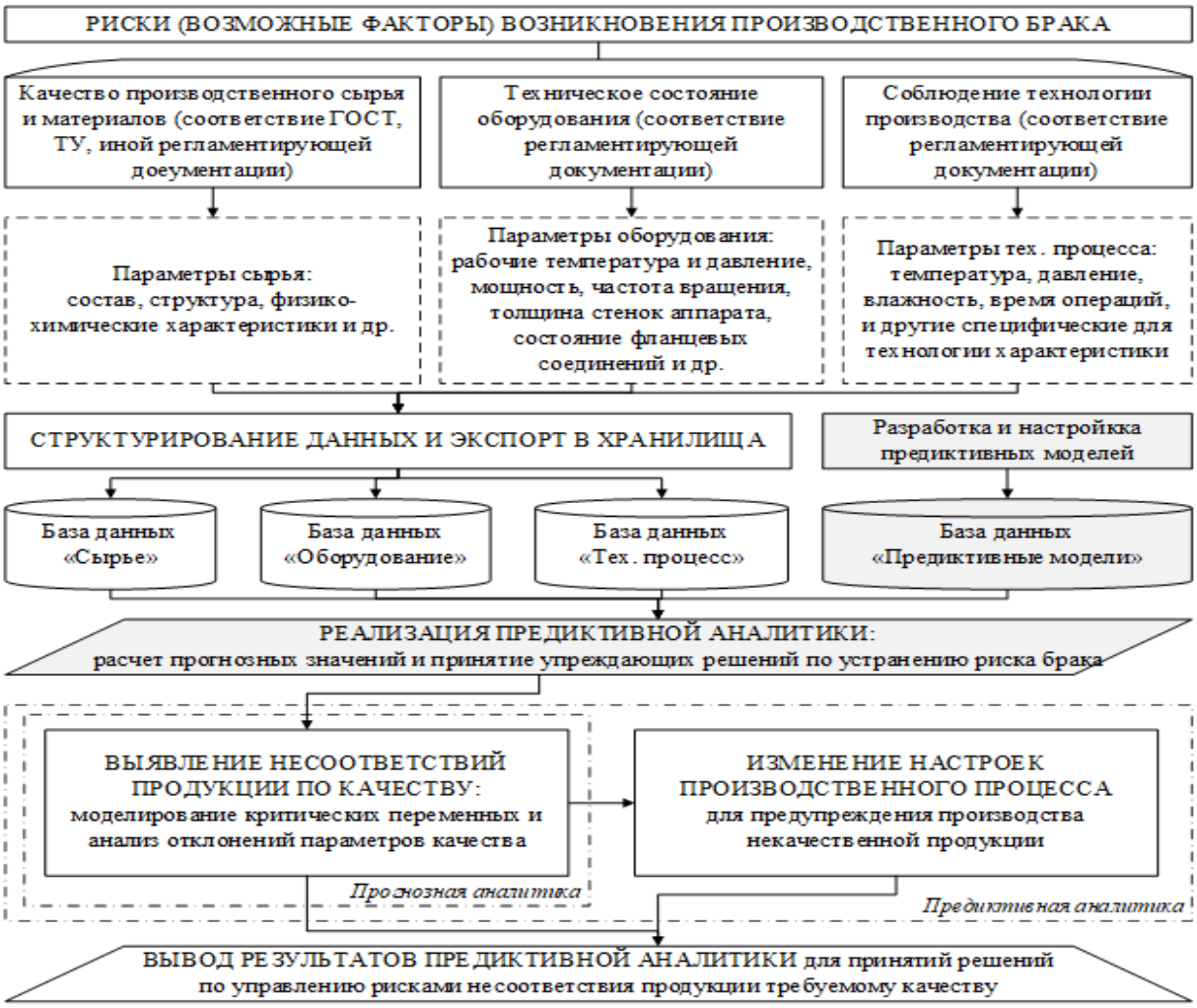


Рисунок 1 – Структурная модель предиктивной аналитики качества продукции и управления рисками несоответствий (разработана автором)

Структурная модель предиктивной аналитики качества продукции и управления рисками несоответствий позволила структурировать процесс организации системы контроля качества на этапах технологического процесса производства сухого молока (рисунок 2).

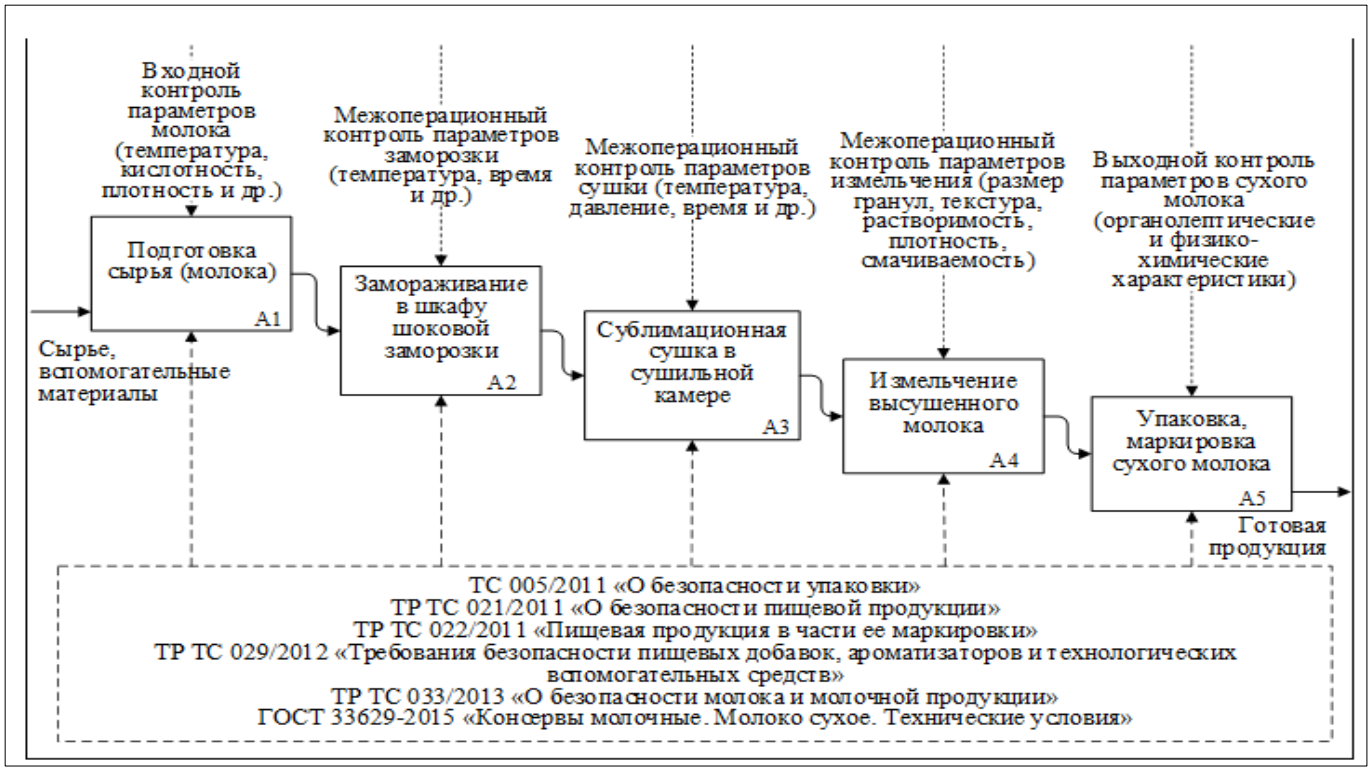


Рисунок 2 – Организация системы контроля качества на этапах технологического процесса производства сухого молока (разработана автором)

Обосновано, 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, элементный состав которых подробно представлен в диссертации.

В третьей главе «Разработка методов и алгоритмов предиктивной диагностики управления рисками несоответствий в системе менеджмента качества производства сублимированной молочной продукции» представлена методика оценки зависимости риска производства несоответствующей продукции от критических параметров производственного процесса:

$$y = f(x_1, x_2, x_3), \quad (1)$$

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.

Для данной методики представлены нормативные параметры качества производства сухого молока: предиктивные переменные из группы рисков X_1 (параметры качества сырья – коровьего молока) и X_3 (параметры технологичного 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 1).

Таблица 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

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 ($\{y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7\}$).

Разработан алгоритм процессов обратной связи в системе управления качеством, который включает интерактивное веб-приложение для проверки качества цельного сухого молока по предиктивной модели. 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).

Например, контроллер качества вводит в диалоговое окно пошагово показатели качества исходного сырья, технологии производства, состояния оборудования и параметры качества готового продукта. В программе предусмотрены предельные допусти-

мые нормы по каждому из параметров качества, что позволяет комплексно оценить качество готового продукта (выходные параметры качества) исходя из качества входных параметров. Для каждого из параметров определяется соответствие /несоответствие нормативному значению. Например, п*ервый блок показателей качества включает параметры по сырью*, их состав и нормативы приведены в таблице 1 – качество сырья (x_1). 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 3.

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.

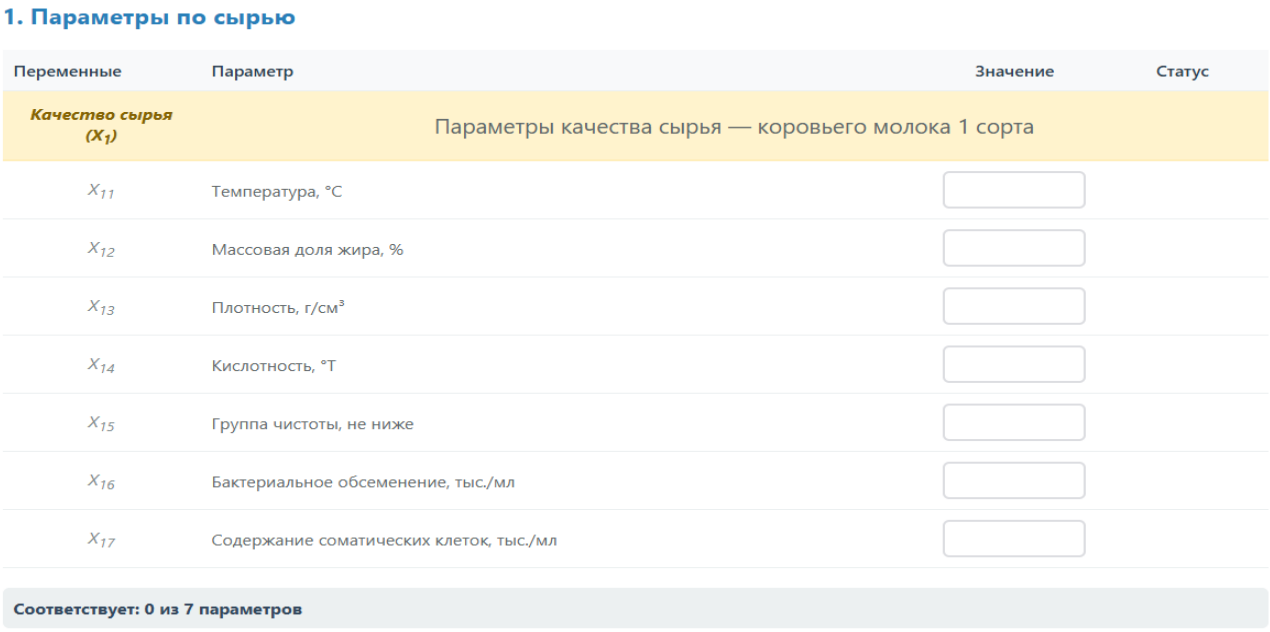


Рисунок 3 – Диалоговое окно для ввода параметров качества сырья (разработано автором; свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2026687902)

В диссертации разработана имитационная модель технологического процесса производства сублимированного молока, что позволяет адекватно отражать динамику обработки партий сырья на всех этапах – от входного контроля до финальной упаковки (рисунок 4).

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) более эффективно, чем аналогичное ужесточение на выходе, поскольку предотвращает неоправданные затраты ресурсов на заведомо дефектные партии.

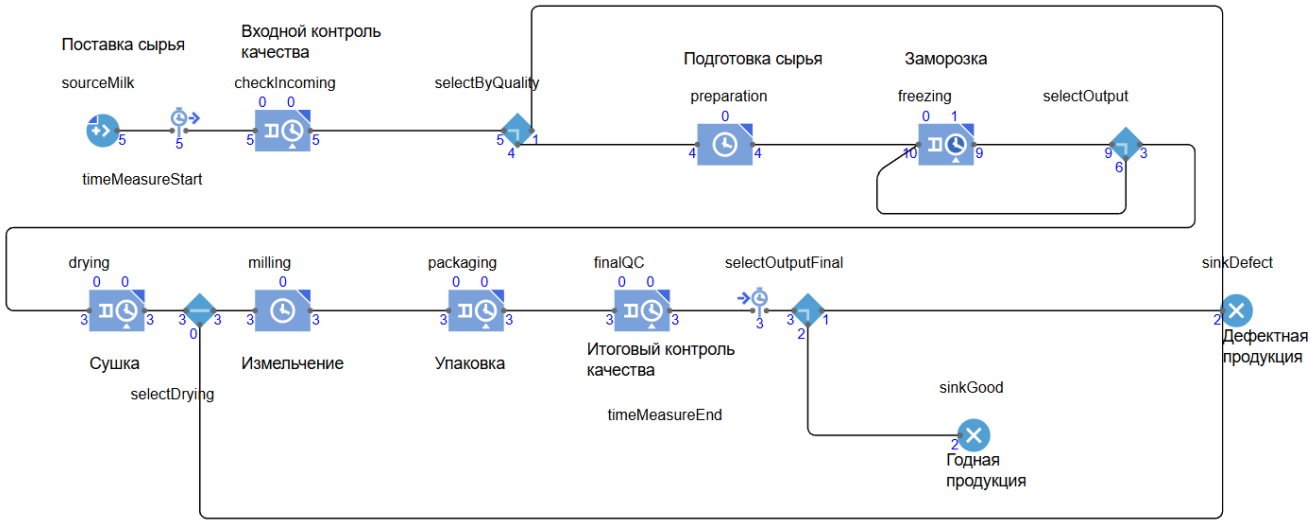


Рисунок 4 – Имитационная модель системы управления качеством производства сублимированной молочной продукции (разработана автором)

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 четвёртой главе «Практическая реализация научно-организационных решений по развитию системы менеджмента качества производства сублимированной молочной продукции» представлена апробация методики предиктивной аналитики качества продукции на примере производства сублимированного молока на предприятии ООО «СХ Техника». В виду неполноты 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 2).

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%.

Таблица 2 – Показатели качества и их условные обозначения, используемые для апробации методики предиктивной аналитики качества продукции на примере производства сублимированного молока (предложено автором)

Переменные предиктивной модели	Наименование параметра качества продукта и процесса	Значение параметра
Качество продукции – *Y (результирующие 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]
Y3	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, °С	[0; 10]
X_{12}	Кислотность, °Т	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, °С	+25±2
X_{22}	Давление в сушильной установке, Па	60-75
X_{23}	Продолжительность сушки, часов	10-15

Обучение и анализ результатов предиктивной модели для Y_1 – массовая доля влаги сублимированного молока представлен в таблице 3.

С позиции статистической достоверности, наиболее лучшее качество предиктивной модели для обучающей, контрольной и тестовой выборов 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.

Таблица 3 – Анализ результатов предиктивной модели для Y_1 – 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

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). 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.

Таблица 4 – Прогностическая оценка качества сублимированного молока по массовой доле влаги на основе нейросетевой модели (рассчитано автором)

	Y_1	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{21}	X_{22}	X_{23}
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

В диссертационном исследовании разработаны и внедрены комплексные организационно-технические решения по диагностике производственных рисков и достижению соответствия качества конечного продукта – сублимированного молока требованиям нормативно-технической документации.

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

– повышается вероятность идентификации возможных отклонений от заданных параметров качества входных и выходных параметров на всех этапах женненного 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; 31,5]; индекс растворимости, $см^3$ 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 требований 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 эффективность 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.

Анализ качества сублимированного молока по массовой доле влаги показал, что она не превышает предельного допустимого значения – 4% (рисунок 5).



Рисунок 5 – Образцы проб качества сублимированного молока по массовой доле влаги, в процентах (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.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По итогам проведённого исследования получены важные научно-технические результаты в области принятия управленческих решений по повышению эффективности функционирования системы менеджмента качества производства сублимированной мо-

лочной 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 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. 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в журналах, входящих в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:

1. Лысенков, А. И. 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. – 0,6 п.л./0,4 п.л.

2. Лысенков, А. И. 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. – 0,5 п.л./0,25 п.л.

3. Лысенков, А. И. Разработка организационно-функциональной модели системы менеджмента качества сублимированного молока / С. С. Кудрявцева, А. И. Лысенков // Русский инженер. – 2026. – №2. – С. 69–72. – 0,4 п.л. / 0,3 п.л.

4. Лысенков, А. И. Типология производственных рисков, влияющих на качество сублимированного молока / А. И. Лысенков // Качество и жизнь. – 2026. – №3. – С.49–54. – 0,54 п.л.

Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ:

5. Лысенков, А.И. Автоматизация расчета показателей качества сублимированного молока / Кудрявцева С.С., Лысенков А.И. // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2026687902 от 11.09.2026г. Федеральная служба по интеллектуальной собственности.

Публикации в других научных изданиях и сборниках материалов конференций:

6. 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. – 0,29 п.л.

7. 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. – 0,27 п.л.

8 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. – 0,3 п.л./0,2 п.л.

9. Лысенков, А. И. Инструменты аналитики бизнес-процессов в производстве молочной продукции / А. И. Лысенков, С. С. Кудрявцева // Сборник статьей 10-й Международной молодежной научно-практической конференции «Молодежь и системная модернизация страны», Том 1. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2026. – С. 260–262. – 0,25 п.л./0,15 п.л.

10. Лысенков, А. И. Развитие систем менеджмента качества в парадигме технологического лидерства / А. И. Лысенков // Сборник статьей XIII Международной научно-практического форума «Эффективные системы менеджмента: стандартизация. экономика данных. кадровое и технологическое лидерство». – Казань: Изд-во «Познание» Казанского инновационного университета, 2026. – С. 92–95. – 0,32 п.л.