

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора, Лихтера Анатолия Михайловича на диссертационную работу Кайченова Александра Вячеславовича «Комплексная модернизация систем управления процессами тепловой обработки водных биоресурсов Арктики с использованием интеллектуальных технологий», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности: 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Актуальность темы выполненной работы

Обеспечение населения страны безопасной, качественной и доступной сельскохозяйственной продукцией, сырьем и продовольствием – одно из приоритетных направлений деятельности Российской Федерации. Рыбная промышленность России в настоящее время переживает этап модернизации в сфере постройки новых рыболовных судов и береговых перерабатывающих предприятий.

Сохранение качества продукции, экономное расходование сырья и ресурсов являются ключевыми проблемными вопросами рыбной промышленности России. Одним из решений проблем рыбопереработки может стать применение цифровых технологий при создании новых продуктов. В частности, моделирование процессов тепловой обработки сырья позволит повысить эффективность установок, сократить расход ресурсов на процесс, повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции, уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду.

В этой связи диссертационная работа Кайченова Александра Вячеславовича, посвященная автоматизации и цифровизации процессов тепловой обработки водных биоресурсов Арктического региона, является актуальной и своевременной и представляет несомненный научный интерес.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Диссертация Кайченова А.В. основывается на концепциях и положениях, изложенных в работах отечественных и зарубежных ученых в области теории моделирования процессов и систем, методов системного анализа. Задачи, поставленные в рамках исследования, были решены на

основе методов математического моделирования и многопараметрической оптимизации.

Достоверность изложенных в диссертации результатов подтверждается большим объемом экспериментальных исследований, проведенных с использованием современных методов исследования.

Научные положения, выводы и практические предложения научно обоснованы и соответствуют представленным в диссертации материалам, что подтверждается публикациями в открытой печати и широким обсуждением на международных конференциях, симпозиумах и круглых столах.

Степень достоверности результатов.

Достоверность результатов работы подтверждается апробацией в печати (152 печатных работ, из них 1 учебное пособие, 5 публикаций в изданиях, индексируемых международными базами данных WOS или Scopus, 21 публикация в ведущих рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 27 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ, 5 патентов РФ. Материалы диссертационной работы доложены и представлены на международных, региональных и всероссийских конференциях и симпозиумах.

Научная новизна исследований заключается в том, что:

- предложены способы управления тепловой обработкой пищевых продуктов, основанные на прогнозировании эффекта тепловой обработки;
- предложены методологические основы: «цифровой сертификации» режимов тепловой обработки с применением «цифровых двойников»; создания «цифровых двойников» процессов тепловой обработки; цифрового моделирования процессов тепловой обработки; построения энергоэффективных оптимальных режимов тепловой обработки рыбного сырья;
- предложена иерархическая структура автоматизированной системы управления процессом копчения пищевых продуктов; разработана и модернизирована система автоматического управления универсальной коптильно-сушильной установкой;
- предложена нечеткая экспертная подсистема оценки качества консервов;
- проведено цифровое моделирование управления процессами тепловой обработки с прогнозирующими моделями с применением

нейросетевых прогнозирующих регуляторов, а также ПИД-регулятора с нечеткой коррекцией коэффициентов.

Теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

Выполненные Кайченовым А.В. исследования систематизированы, обобщены, адаптированы к пищевому сырью, подвергающемуся тепловой обработке в стерилизационных и коптильно-сушильных аппаратах.

Кайченев А.В. разработал 27 программ для ЭВМ, получил с соавторами патент на изобретение и 5 патентов на полезную модель.

Результаты работы используются при проведении лекционных, лабораторных и практических занятий обучающихся по направлению подготовки «Автоматизация технологических процессов и производств» уровня бакалавриата и магистратуры в рамках учебного процесса по направлению подготовки ФГАОУ ВО «Мурманский государственный технический университет».

Соответствие диссертации и автореферата требованиям «Положения о присуждении ученых степеней»

Диссертационная работа Кайченова А.В. выстроена логично и состоит из введения, аналитического обзора литературы, описания объектов исследования, методологии и методов исследования, 4 экспериментальных глав, выводов, списка литературы, приложений. Список использованных источников литературы включает 247 наименований, из которых 60 — иностранных авторов. Приложения к диссертации содержат акты о внедрении результатов исследований в производство и учебный процесс и другие материалы, разработанные автором, подтверждающие научную новизну и практическую значимость результатов исследования.

Основное содержание работы изложено на 200 страницах машинописного текста, содержит 152 рисунка и 39 таблиц.

Автореферат включает 32 страницы, достаточно полно отражает содержание работы, реализацию задач для достижения цели, с логичным завершением представленными выводами. Содержание работы полностью отражено в публикациях автора.

Диссертация и автореферат по содержанию, структуре и объему соответствуют требованиям «Положения о присуждении ученых степеней».

Во введении обоснована актуальность работы, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ «дорожной карты» рынка НТИ FOODNET, стратегии развития рыбной промышленности России и стратегии

развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы. Сформулированы выводы и предложения о применении концепции FoodNet, положений стратегий в Арктических условиях, в том числе на базе Учебно-экспериментального цеха Мурманского государственного технического университета. Определены направления исследования, обоснована цель и определены задачи для ее достижения, а также сформулирована концепция работы.

Во второй главе изложена методология выполнения работы и ее организация, приведена информация об использованном оборудовании, программном обеспечении, и применяемых методах. Определены объекты исследования. Предложен вариант модернизации способов тепловой обработки пищевых продуктов, а также способы управления тепловой обработкой пищевых продуктов, основанные на прогнозировании эффекта обработки.

В третьей главе рассмотрены результаты исследований тепловой обработки пищевых продуктов в автоклавах. Проведено сравнение цифровых комплексов регистрации температуры, применяемых при научном обосновании режимов тепловой обработки продуктов питания в автоклавах. Сделаны рекомендации об использовании логгеров Thermochron iButton серии DS1922T и Ellab TrackSense PRO. Представлены результаты исследований: «режима стерилизации традиционным способом консервов «Печень трески натуральная»; по идентификации параметров математической модели консервов «Печень трески натуральная» в банке Impress; способов управления процессом стерилизации консервов; по разработке режимов стерилизации консервов из гидробионтов с использованием средств вычислительной техники. Проведено сопоставление модернизированного и традиционного способов стерилизации консервов.

В четвертой главе приведены результаты практической реализации результатов исследований тепловой обработки водных биоресурсов Арктики в автоклавах. Описан комплекс МИСт и его модули. Представлены результаты: цифровое моделирование и оптимизация процесса стерилизации консервов: предварительный подбор параметров режима стерилизации консервов "Печень трески по-мурмански" на основе разработанных математических моделей процесса; предварительный подбор режима стерилизации консервов "Скумбрия атлантическая натуральная с добавлением масла" на основе разработанных математических моделей процесса; сформулирована методика цифрового моделирования процессов тепловой обработки. Показана возможность применения прогнозирования значений F-эффекта при разработке новых режимов тепловой обработки консервов. Предложена форма записи переменного температурного режима реторты для системы автоматического управления автоклавом». Приведен пример применения предложенного математического описания переменного режима тепловой обработки (ВРТО) для консервов «Форель в

оливковом масле с добавлением маринованного ананаса». Сформулированы выводы о применении ВРТО на практике. Представлены результаты по разработке и применению программного обеспечения расчета фактической летальности процессов тепловой обработки консервированных пищевых продуктов. Приведен пример применения «цифровых двойников» автоклавов и использования данной технологии для «цифровой сертификации» режимов тепловой обработки. Соискателем предложена методика «цифровой сертификации» режимов стерилизации консервной продукции с применением «цифровых двойников». Приведено описание разработки модели тепловых процессов автоклава для тренажера процесса стерилизации консервов.

В пятой главе приведены результаты практической реализации исследований тепловой обработки водных биоресурсов Арктики в коптильно-сушильных установках. Представлены структура автоматизированной системы управления процессом копчения пищевых продуктов, вариант модернизации системы автоматического управления универсальной коптильно-сушильной установкой, результаты моделирования системы автоматического управления процессом копчения пищевых продуктов. Соискателем предложена иерархическая структура системы автоматического управления процесса копчения пищевых продуктов, а также представлено описание многоконтурной системы управления универсальной коптильно-сушильной установкой.

Автором предложены методики: оптимизации режимов релаксации; «цифровой сертификации» энергоэффективных режимов обезвоживания сырья с применением «цифровых двойников». Приведено описание разработки и модернизации малогабаритной установки для поиска оптимальных технологических режимов релаксации сырья, а также результаты математического моделирования тепловых процессов.

В шестой главе представлены результаты исследований систем управления процессами тепловой обработки водных биоресурсов Арктики с использованием интеллектуальных технологий. Соискателем предложена нечеткая экспертная подсистема оценки качества консервов. Приведено описание возможной реализации такой системы на примере консервов «Печень трески натуральная». Предложена обобщенная нечеткая экспертная система оценки качества. Сделаны предложения о возможных вариантах реализации такой системы.

Для универсальной коптильно-сушильной установки соискателем предложено использовать управление с прогнозирующими моделями контура температуры универсальной коптильно-сушильной установки в связи с многосвязностью технологического процесса. Приведено сравнение моделирования управления в контуре температуры с применением МРС и ПИД-регулятора. Аналогичные исследования проведены соискателем по

моделированию нейросетевого прогнозирующего регулятора контура температуры универсальной коптильно-сушильной установки.

Представлены результаты моделирования управления технологическим процессом обезвоживания с применением нейросетевого прогнозирующего регулятора, регулятора с прогнозирующими моделями, а также ПИД-регулятора с нечеткой коррекцией коэффициентов контура температуры малогабаритной сушильной установки.

Исследование, выполненное Кайченковым А.В., является самостоятельной законченной работой, представляющей теоретический и практический интерес. Автором на достаточно высоком научном уровне используются различные подходы и методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций, изучаются и критически анализируются известные достижения и теоретические положения других исследователей по разработке и оптимизации пищевых продуктов заданного состава и свойств.

Объем материала, подвергнутого анализу, методический уровень исследования вполне соответствует поставленным задачам, а полученные выводы достаточно полно аргументированы материалом экспериментальных исследований, рядом табличных данных, диаграмм.

Диссертационная работа оформлена в соответствии с предъявленными требованиями, характеризуется логичностью и завершенностью исследований.

При общей положительной оценке имеются следующие замечания и пожелания по тексту диссертационной работы и автореферата.

1. В 2-й главе соискатель, описывая способ управления тепловой обработкой консервов, основанный на прогнозировании F-эффекта, утверждает, что способ позволяет сократить процесс стерилизации по времени, тем самым повысив его эффективность. При этом в тексте диссертации не приведено обоснование такого сокращения времени процесса.
2. В 2-й главе при описании схемы способа управления тепловой обработкой консервов, основанного на прогнозировании F-эффекта, соискатель утверждает, что программируемый логический контроллер численно решает дифференциальное уравнение математической модели продукта. Какова точность используемых методов при решении таких уравнений?
3. Какая повторяемость экспериментов была обеспечена при исследованиях процессов стерилизации с рыбным сырьем в консервной таре?
4. В диссертации не представлены результаты сравнения разработанной соискателем системы автоматического управления

МИСт.Автоматика по сравнению системами, имеющимися на российском рынке.

5. Является ли термин «цифровая сертификация», используемый в диссертации, стандартным или его использование для режимов тепловой обработки введено соискателем?
6. В тексте диссертации не описана методика применения тренажера процесса стерилизации консервов. Может ли данный тренажер применяться в учебном процессе?
7. На рисунке 5.8 диссертации стр. 176 и рисунке 10 стр.20 автореферата не представлен 1-й уровень иерархической структуры системы автоматического управления процессом копчения пищевых продуктов.
8. В тексте диссертации присутствует ряд опечаток и смысловых неточностей.

Приведенные недостатки и вопросы не снижают общую ценность проведенных Кайченовым А.В. диссертационных исследований, носят дискуссионный характер и не влияют на положительную оценку работы.

Заключение по диссертации

Диссертация Кайченова Александра Вячеславовича «Комплексная модернизация систем управления процессами тепловой обработки водных биоресурсов Арктики с использованием интеллектуальных технологий» является завершенной научно-исследовательской работой, теоретические положения и практические рекомендации которой можно квалифицировать как значимые научные достижения для решения важных социально-экономических задач.

Оппонируемая работа по актуальности, объему проведенных исследований, научно-методическому уровню и полученным результатам соответствует паспорту научной специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами», требованиям пп. 9-11, 13 и 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (ред. от 01.10.2018 г., с изм. от 26.05.2020 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.3.3 «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами».

Официальный оппонент:

Лихтер Анатолий Михайлович

Доктор технических наук,

(05.13.06 — Автоматизация и

управление технологическими

процессами и
производствами), профессор,
ФГБОУ ВО «Астраханский
государственный университет им. В. Н. Татищева»,
заведующий кафедрой общей физики
Почтовый адрес: 414056, г. Астрахань, ул. Татищева, д. 20а
Телефон: +79272824242
e-mail: likhter@bk.ru



Подпись д-ра техн. наук, профессора
Лихтера Анатолия Михайловича
заверяю



Подпись заверяю
Начальник управления кадровой политики
 И.А. Говорунова
"14" сентября 2022 г.