

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «КГТУ»
кандидат физико-математических
наук, доцент
Кострикова Наталья Анатольевна
20.09.2022 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КГТУ») — о диссертационной работе 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 в диссертационный совет, созданный на базе ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

На отзыв представлены диссертация и автореферат.

Актуальность темы диссертационной работы. В Стратегии развития рыбной промышленности России отмечается важность внедрения технологий в производство товарной пищевой рыбной продукции, что подтверждает важность исследований в области создания и модернизации технологических процессов. Ответом на уникальные запросы потребителей продукции является создание новых технологий производства, в том числе с применением щадящих технологических режимов, соответствующих установленным требованиям за счет прогнозирования качества.

В этой связи применение математического моделирования технологических процессов при разработке режимов и использование технологий «цифрового двойника» позволяет повысить эффективность установок, сократить расход ресурсов на процесс, повысить

конкурентоспособность выпускаемой продукции, уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Диссертационная работа Кайченова А.В., включающая создание способов управления тепловой обработкой рыбного пищевого сырья, позволяющих прогнозировать эффект обработки, цифровое моделирование процессов тепловой обработки с различными продуктами, разработку режимов тепловой обработки при использовании технологии «цифровых двойников», является актуальной и своевременной.

Обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций и достоверность результатов исследований. Достоверность и обоснованность теоретических выводов и практических результатов, полученных в работе, подтверждается корректным использованием методов исследования, результатами апробирования разработанных алгоритмов на общедоступных данных, публикацией научных трудов, а также сравнительным анализом результатов с известными результатами современных исследований и разработок.

Результаты исследований отмечены дипломами, сертификатами и медалями X Московского международного салона инноваций и инвестиций (Москва, 2010, золотая медаль), XVIII Московского международного Салона изобретений и инновационных технологий «Архимед» (Москва, 2015, серебряная медаль).

Отдельные этапы работ были выполнены в рамках научно-исследовательской работы по госбюджетным темам «Комплексная модернизация систем контроля и управления процессами стерилизации и копчения» и «Разработка и совершенствование технологий стерилизованных пищевых продуктов».

Основные научные результаты и положения диссертационной работы Кайченова А.В. опубликованы в 152 работах, в том числе: 21 статья в журналах, рекомендованных ВАК РФ, 5 статей в международных изданиях, входящих в наукометрические базы данных Web of Science и Scopus, 1 учебное пособие, 5 патентов РФ, 27 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ, 2 свидетельства о регистрации базы данных. Основные результаты и выводы работы апробированы, обсуждены и доложены в период с 2006 по 2022 год на симпозиумах, круглых столах, международных, региональных и всероссийских научно-практических конференциях.

Научная новизна работы. Представленные в работе результаты исследований Кайченова А.В. являются оригинальными, имеющими несомненное научное и практическое значение. Научная новизна исследований очевидна и заключается в следующем.

Автором определены направления автоматизации, цифровизации систем управления процессами стерилизации, пастеризации, копчения и обезвоживания пищевых продуктов с использованием интеллектуальных технологий.

Разработаны методологические основы создания «цифровых двойников» аппаратов и процессов тепловой обработки рыбного сырья. Применение «цифровых двойников» аппаратов (малогабаритных лабораторных установок с встроенными в систему управления имитационными моделями промышленных аппаратов) позволяет значительно сократить расходы сырья и энергии.

Разработаны способы управления тепловой обработкой пищевых продуктов, основанных на прогнозировании эффекта тепловой обработки. Реализация способов на практике позволяет создать такой вариабельный режим тепловой обработки с профилем температуры и (или) влагосодержанием, который наилучшим образом по затратам энергии и качеству продукции обеспечит проведение процесса.

Предложены иерархическая структура новой автоматизированной системы управления процессом копчения пищевых продуктов, методологические основы построения энергоэффективных оптимальных режимов тепловой обработки рыбного сырья, нечеткая экспертная подсистема оценки качества консервов. Применение современных отечественных технических средств автоматизации позволило значительно повысить эффективность работы аппаратов.

Проведено цифровое моделирование управления процессами тепловой обработки с прогнозирующими моделями, с применением нейросетевых прогнозирующих регуляторов, а также ПИД-регулятора с нечеткой коррекцией коэффициентов.

Практическая значимость подтверждается разработанными диссертантом следующими программными продуктами: F_CHANGE для универсальной коптильно-сушильной установки; FILTER_FOR TEMP для универсальной коптильно-сушильной установки; MIST.Reader_Owen (МИСт. Преобразование отчетов ОВЕН); MiST. Подпрограмма «Блокировка» для АВК-30М; модуль расчета вспомогательных параметров в модели автоклава на шаге квантования; Modeller, оптимизация режимов релаксации в ходе процессов обезвоживания рыбного сырья; программа поиска оптимума; оптимизация режимов релаксации в ходе процессов обезвоживания рыбного сырья; программа построения графиков; оптимизация режимов релаксации в ходе процессов обезвоживания рыбного сырья; программа подсчета экономии электроэнергии; модуль расчета параметров воды в модели автоклава на шаге квантования; модель автоклава для тренажера процесса стерилизации; модуль расчета параметров воздушной среды в модели автоклава на шаге квантования;

модуль макросов для модели автоклава; PID_TEMP для универсальной коптильно-сушильной установки, PLC_PRG для универсальной коптильно-сушильной установки; вычисление адресов регистров CoDeSys для панели оператора «ОВЕН» СП270 по структуре данных; моделирование временной зависимости температуры в дымогенераторе в процессе его работы; моделирование звена задержки; модуль расчета потерь массы сырья; модуль подсчета электроэнергии, затраченной на технологический процесс; модуль задания режимов релаксации; построение графиков по данным в формате .odc и моделирование объекта; преобразование архивных данных трендов 3S CodeSys в структурированный численный вид; программа управления секциями установки для поиска оптимальных технологических режимов; программа пятиканального блока управления фазовыми регуляторами напряжения; пятиканальный программный ШИМ для управления вентиляторами постоянного тока; расчет шага методом Рунге-Кутты 4-го порядка для инерционных звеньев 1-го и 2-го порядков.

Получен патент на изобретение «Способ управления процессом стерилизации консервов, основанный на F-эффекте», патент на полезную модель «Малогобаритная установка для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья», патент на полезную модель «Дымогенератор», патент на полезную модель «Стерилизационная установка», патент на полезную модель «Устройство для получения коптильного препарата».

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

Общая характеристика диссертационной работы. Представленная работа построена по традиционному принципу и состоит из введения, обзора литературных источников, обоснования основных направлений исследований, результатов собственных исследований и их обсуждения, а также выводов и приложений.

Основная часть работы изложена на 200 страницах, диссертация иллюстрирована 152 рисунками, 39 таблицами, список цитируемой литературы включает 247 наименований, в том числе 60 иностранных авторов. В приложениях содержатся материалы, подтверждающие научные и практические результаты работы.

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, стратегии

развития информационного общества в российской федерации на 2017 - 2030 годы, процесса регулирования температуры при традиционном способе стерилизации консервов, исследований в области совершенствования процесса стерилизации консервов, исследований в области совершенствования систем управления процессами копчения и обезвоживания пищевых продуктов. Проведенный анализ позволил обосновать цель и задачи исследования, а также сформулировать концепцию работы, состоящую в обосновании возможности автоматизации и цифровизации технологических процессов тепловой обработки рыбного пищевого сырья.

Во второй главе рассмотрены объекты, методы исследования, условия и организация экспериментов. Представлена программно-целевая модель исследований, приведены основные направления модернизации способов тепловой обработки пищевых продуктов. Во второй части главы представлены способы управления тепловой обработкой консервов в автоклавах, основанный на прогнозировании F эффекта, а также способ управления тепловой обработкой при обезвоживании и копчении пищевых продуктов с прогнозированием эффекта обезвоживания.

В третьей главе изложены результаты исследований тепловой обработки пищевых продуктов в автоклавах. Описаны исследования: цифровых комплексов регистрации температуры, применяемых при научном обосновании режимов тепловой обработки продуктов питания в автоклавах; температурного поля автоклавов ASCAMAT-230 и АВК-30М; режима стерилизации традиционным способом консервов «Печень трески натуральная»; способов управления процессом стерилизации консервов. Приведены этапы разработки режимов стерилизации консервов из гидробионтов с использованием средств вычислительной техники, этапы идентификации параметров математической модели консервов «Печень трески натуральная» в банке Impress, результаты сопоставления модернизированного и традиционного способов стерилизации консервов.

В четвертой главе приведены результаты практической реализации результатов исследований тепловой обработки водных биоресурсов Арктики в автоклавах. Описаны модули комплекса МИСТ, этапы цифрового моделирования и оптимизации процесса стерилизации консервов, этапы прогнозирования значений F-эффекта при разработке новых режимов тепловой обработки консервов. Представлены результаты разработки программного обеспечения расчета фактической летальности процессов тепловой обработки консервированных пищевых продуктов, а также модели тепловых процессов автоклава для тренажера процесса стерилизации консервов. Автором предложена методика проведения «цифровой сертификации» режимов стерилизации консервной продукции с применением «цифровых двойников».

В пятой главе приведены результаты исследований систем автоматического управления тепловой обработкой водных биоресурсов Арктики в коптильно-сушильных установках. Приведена структура автоматизированной системы управления процессом копчения пищевых продуктов. Предложена концепция модернизации и иерархическая структура системы автоматического управления универсальной коптильно-сушильной установкой. Предложены цифровые модели системы автоматического управления процессом копчения пищевых продуктов, установки поиска оптимальных технологических режимов УПОР-М. Автором предложена методика проведения «цифровой сертификации» режимов обезвоживания сырья с применением «цифровых двойников».

В шестой главе показано использование интеллектуальных технологий для управления процессами тепловой обработки водных биоресурсов.

Автором предложена нечеткая экспертная подсистема оценки качества консервов. Результатом работы нечеткой экспертной системы являются интегральная оценка качества консервов.

Описаны этапы моделирования систем управления с прогнозирующими моделями контура температуры универсальной коптильно-сушильной установки и малогабаритной сушильной установки, системы управления с применением ПИД-регулятора с нечеткой коррекцией коэффициентов контура температуры малогабаритной сушильной установки, системы управления с нейросетевым прогнозирующим регулятором контура температуры универсальной коптильно-сушильной установки и малогабаритной сушильной установки.

Представленные выводы и рекомендации надлежащим образом обоснованы и представляются убедительными. Автореферат соответствует основному содержанию диссертационной работы и отражает все необходимые положения в соответствии с требованиями ВАК РФ.

Диссертационная работа соответствует пунктам 3, 4, 6, 10 паспорта специальности 2.3.3 - Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Таким образом, основные положения работы подтверждены результатами проведенных исследований и получили развернутое и содержательное обоснование в тексте диссертации. Основные результаты и выводы соответствуют цели и задачам исследования, анализу полученных данных, приведенных в работе.

Диссертационная работа Кайченова Александра Вячеславовича на тему «Комплексная модернизация систем управления процессами тепловой обработки водных биоресурсов Арктики с использованием интеллектуальных технологий» имеет внутреннее единство изложения, представленные в работе результаты являются оригинальными и перспективными для науки и производства.

Замечания по работе. По результатам анализа диссертационной работы и автореферата диссертации в порядке дискуссии имеются вопросы, замечания и пожелания:

1. В главе 3 (раздел 3.5.2) контур регулирования температуры в автоклаве реализован с использованием цифрового ПИД-регулятора параллельной структуры в виде рекуррентной формы. Однако, в тексте не обосновано применение данного вида регулятора.

2. Автор в диссертационной работе (глава 3, формула 18) использует для оценки качества регулирования критерий оптимальности J , однако, не обоснован выбор весового коэффициента в критерии.

3. Соискателем в «Методике цифрового моделирования процессов тепловой обработки» описана необходимость определения передаточной функции с наименьшей прогреваемостью. В тексте не описан порядок нахождения такой передаточной функции.

4. В главе 4 автором предложена методика «цифровой сертификации» режимов стерилизации консервной продукции с применением «цифровых двойников». Из текста неясен порядок получения и использования «цифрового сертификата».

5. В 5 главе на рисунке 5.3 представлена функциональная схема автоматизации системы автоматического управления, при этом схема не соответствует описанию технических средств автоматизации представленных в схеме функциональной системы автоматического управления.

6. В таблице 5.1 в 5 главе представлены коэффициенты дифференциальных уравнений температурной динамики нагрева коптильной камеры при экспериментах. Какова величина отклонения экспериментальных данных от моделируемых значений с применением дифференциальных уравнений температурной динамики?

7. В тексте диссертации и автореферата присутствует небольшое количество некорректных лингвистических выражений.

Отмеченные частные замечания не носят принципиального характера и не снижают теоретическую и практическую ценность выполненной Кайченковым Александром Вячеславовичем работы.

Заключение. Диссертационная работа «Комплексная модернизация систем управления процессами тепловой обработки водных биоресурсов Арктики с использованием интеллектуальных технологий» соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013. № 842 (вред. от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020), а ее автор, Кайченков Александр Вячеславович, заслуживает присуждения ученой

степени доктора технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры цифровых систем и автоматики ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет» - протокол № 1 от 09.09.2022 г.

Отзыв подготовлен:

Зав. кафедрой цифровых систем
и автоматики

кандидат технических наук, доцент
Устич В.И.



Подпись	<i>к.т.н. Устич В.И.</i>	заверяю.
Проректор по НР	<i>[Signature]</i>	Н.А. Кострикова
<i>20</i>	<i>09</i>	20 <i>22</i> г.

Сведения об университете:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Калининградский государственный технический университет»;

Федеральное агентство по рыболовству

Адрес: 236022, Северо-Западный федеральный округ, Калининградская обл., г. Калининград, Советский проспект, д. 1.

Телефон: 8 (4012) 99-59-01

Адрес электронной почты: rector@klgtu.ru