

В диссертационный совет 24.2.334.01
(Д 212.148.02) при ФГБОУ ВО
«Московский государственный
университет пищевых производств»

О Т З Ы В

официального оппонента доктора технических наук, профессора ФГБОУ ВО «Московский государственный университет технологий и управления им. К.Г. Разумовского (ПКУ)» Петрова Сергея Михайловича на диссертационную работу Кайченова Александра Вячеславовича на тему «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 диссертационной работы

Одной из наиболее актуальных задач, стоящих перед отечественными производителями пищевой продукции, прописанной в Доктрине продовольственной безопасности Российской Федерации, является обеспечение населения высококачественными продуктами питания. Растущий покупательский спрос на пищевые продукты с оригинальными характеристиками требует от производителей обновления ассортимента и улучшения потребительских свойств и качества. В рыбной промышленности России в последние годы в связи со строительством большего количества рыболовных судов, происходит модернизация как действующих заводов и фабрик, так и создание новых. Важным фактором при модернизации является применение цифровых технологий в производстве рыбной продукции, что позволяет повысить эффективность установок, сократить расход ресурсов на

процесс, повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции, уменьшить экологическую нагрузку на окружающую среду.

Создание новых видов рыбных продуктов требует разработки научно обоснованных режимов, утверждаемых затем в установленном порядке. Процедура является весьма трудоемкой и затратной по энергетическим и материальным ресурсам, в связи проведением большого количества экспериментальных исследований, необходимых для получения и утверждения режима. Упрощение процедуры разработки продукции возможно при использовании технологии «цифровых двойников». Рост числа исследований связанных с созданием цифровых моделей реальных технологических процессов подтверждает актуальность выбранного соискателем направления исследования.

Новизна, степень обоснованности и достоверности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертационной работе, базируются на результатах обширного анализа источников информации и значительном экспериментальном материале.

Актуальность темы определила основную цель и задачи исследований, ориентированных на изучение научных и прикладных аспектов создания автоматических систем управления тепловой обработкой пищевого сырья. Диссертантом сформулированы основные положения, выносимые на защиту, и последовательно решены все научные задачи. Материал диссертации изложен в логической последовательности.

Основная часть диссертационного исследования включает анализ состояния вопроса; формулировку проблемы, целей и задач исследования; структуры, объектов и методов исследований; оценку цифровых комплексов регистрации температуры, применяемых при научном обосновании режимов тепловой обработки продуктов питания в автоклавах; методологию цифрового

моделирования процессов и аппаратов тепловой обработки пищевого сырья с применением технологии «цифровых двойников»; системы автоматического управления процессами с применением нейросетевых технологий; способы управления тепловыми процессами на основе прогнозирования эффекта обработки; практическую реализацию результатов исследований тепловой обработки водных биоресурсов в коптильно-сушильных и стерилизационных установках; заключение с выводами и рекомендациями.

Основное содержание работы отражено в 152 научных публикациях, из них 21 – в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 5 – в зарубежных журналах, индексируемых в международных базах данных Scopus и WOS, получено 27 свидетельств о регистрации программ для ЭВМ, пять патентов РФ. Результаты исследований использованы в 1 учебном пособии.

Диссертационная работа Кайченова Александра Вячеславовича по объему, содержанию и выводам представляет собой завершенное научное исследование. Основная часть диссертации изложена на 200 стр., содержит 39 страниц приложений, 39 таблиц и 152 рисунка, список использованных информационных источников содержащий 247 наименований, из них 60 – зарубежных авторов.

Изложенные в диссертационной работе научные положения, выводы и рекомендации подтверждаются результатами исследований, выполненных автором на высоком научно-методическом уровне.

Диссертантом использованы основные положения теории моделирования и подобия, системного анализа, а также цифровые технологии, реализованные в способах управления процессами тепловой обработки с прогнозированием эффекта.

Разработан комплекс решений, позволяющих осуществлять оптимизацию систем автоматического управления, режимов тепловой обработки по критериям минимальных затрат на управление и поддержание качества регулирования технологических величин. Заслуживают внимания результаты

диссертационного исследования по оценке разработанных способов по сравнению традиционно применяемыми в пищевой промышленности.

Особый интерес представляет методологические основы «цифровой сертификации» режимов тепловой обработки с применением «цифровых двойников»; методологические основы создания «цифровых двойников» процессов тепловой обработки; методологические основы цифрового моделирования процессов тепловой обработки. Используя «цифровой двойник» технологического аппарата и применение его модели в системе управления другого технологического аппарата меньшего объема и мощности появляется возможность проводить технологические процессы по предварительной разработке технологических режимов с меньшими материальными и энергетическими ресурсами.

Соискателем предложена иерархическая структура автоматизированной системы управления процессом копчения пищевых продуктов. Описаны уровни иерархии системы автоматического управления. Для практической реализации такого управления разработана и модернизирована система автоматического управления универсальной коптильно-сушильной установкой. Автором в диссертационном исследовании предложено описание многоконтурной системы управления универсальной коптильно-сушильной установки. Для промышленных установок автором предложена методика построения энергоэффективных оптимальных режимов тепловой обработки рыбного сырья.

Новизной обладают полученные результаты по цифровому моделированию систем управления процессами тепловой обработки пищевого сырья с прогнозирующими моделями, с применением нейросетевых прогнозирующих регуляторов, а также ПИД-регулятора с нечеткой коррекцией коэффициентов.

Для повышения степени объективности органолептической оценки продуктов соискателем предложена экспертная система, которая позволяет

обработать результаты органолептической оценки, выраженные в лингвистических переменных.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается выбором современных методов анализа, проведением исследований в лабораториях, апробацией результатов, использованием современных методов и соответствующих ЭВМ-программ обработки полученных результатов исследования. Результаты работы апробированы на многочисленных конференциях, форумах и семинарах международного и всероссийского уровня, а также при обучении студентов и аспирантов МГТУ.

Автореферат отражает основное содержание диссертации. Тема диссертации полностью раскрыта в ее содержании. Сформулированная в работе цель достигнута. Большой личный вклад соискателя в выполнение работы не вызывает сомнения. Заключение диссертации отражает наиболее важные, полученные автором, результаты.

Практическая значимость диссертационного исследования

Промышленная применимость результатов исследования подтверждена получением патента РФ на изобретение 2471387 С1 «Способ управления процессом стерилизации консервов, основанный на f-эффекте», а также 4-х патентов на полезную модель № 129365 U1 Устройство для получения коптильного препарата, № 136962 U1 Малогабаритная установка для поиска оптимальных технологических режимов сушки сырья, № 136963 U1 Дымогенератор, № 94418 U1 Стерилизационная установка.

Разработано 27 видов программного обеспечения (подробный перечень приведен в Автореферате диссертации на стр.5-6). Большая часть программного обеспечения используется в программно-аппаратном комплексе универсальной коптильно-сушильной установки с внедрением в

производство ООО «Интро». Большая часть исследований, связанной с тепловой обработкой в автоклавах внедрены в производство АО «Стрелец».

Личный вклад автора в разработку научной проблемы

Автором самостоятельно решена научная проблема, обоснована методика и схема выполнения исследования, разработаны модели, алгоритмы и программное обеспечение, полученные результаты обработаны и проанализированы, сформулированы выводы.

К диссертационной работе имеются следующие замечания:

1. Проводилась ли проверка на адекватность разработанных моделей и алгоритмов в условиях реального производства?

2. Не приведены результаты верификации программного обеспечения компьютерного моделирования (ПО КМ) имитационной математической модели автоклава Н2-ИГА-602 (Приложение 16), позволяющие проверить обоснование того, что ПО КМ при выбранных параметрах рассчитывает математическую модель правильно и с соответствующей точностью. Отсутствуют также данные о валидации ПО КМ техническому объекту, что затрудняет оценку правильности и точности моделирования этапов режима нагрева и охлаждения процесса стерилизации консервов в автоклаве.

3. В 4 главе диссертации соискатель предлагает реализацию непосредственного управления и контроля с помощью среды KaScada на базе планшетного компьютера и операционной системы Android и WiFi-сети. Рассматривались ли вопросы информационной безопасности АСУ ТП применительно к данному способу управления?

4. В диссертации (п.6.2) недостаточно подробно раскрыт вопрос, освещающий определение оптимальных коэффициентов ПИД-регулятора, а также не показан эффект от применения нейросетевых и прогнозирующих регуляторов по сравнению с традиционными типами регуляторов.

5. Отсутствует информация по предложенному автором С-эффекту (стр. 85, 220) оценки готовности продукта при обезвоживании по органолептическим показателям и внешнему виду, определяемому с помощью систем технического зрения с применением алгоритмов искусственного интеллекта.

6. Отсутствуют комментарии, почему при моделировании контура регулирования температуры на графиках переходных процессов с нейросетевым регулятором (рис. 6.10; рис. 6.13) время регулирования примерно в четыре раза превышает таковое для ПИД-регулирования (рис. 6.4) и МРС-регулирования (рис. 6.6).

7. При детализации участков графиков переходных процессов (рис.6.4 и 6.6) отсутствует масштаб изображения, что не дает полной оценки эффективности регулирования предложенными способами при проведении моделирования и получении динамических характеристик.

8. Нейросетевой прогнозирующий регулятор контура температуры сушильной установки описан схематично: отсутствует полная структура нейронной сети, не указано количество нейронов в слоях. На стр. 206 без обоснования указано, что для управления контуром температуры процесса обезвоживания создана нейронная сеть с 8 входными слоями и одним выходным слоем. В то время как известно, что любая непрерывная функция может быть аппроксимирована с необходимой точностью трехслойной нейронной сетью.

9. В разработанной нечеткой экспертной подсистеме оценки качества консервов на основе введения лингвистических переменных и задания их терм-множеств не приведены модель или метод расчета интегральной оценки качества консервов (рис. 6.1) после дефаззификации нечеткого вывода в численные показатели. Не описано также, как осуществляется этап дефаззификации нечеткого вывода, т.е. процесс перехода от функции принадлежности выходной лингвистической переменной к её четкому

(числовому) значению. Отсутствует сравнение с результатами органолептических оценок продукции традиционными методами.

Указанные выше замечания, в целом, не снижают научной ценности и практической значимости диссертационной работы.

Выводы, сформулированные автором, аргументированы, достоверны, обладают несомненной научной новизной; основные результаты диссертационной работы опубликованы в рецензируемых отечественных и зарубежных научных изданиях.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней

В целом, диссертационная работа Кайченова Александра Вячеславовича «Комплексная модернизация систем управления процессами тепловой обработки водных биоресурсов Арктики с использованием интеллектуальных технологий» по структуре рукописи, объему исследований, степени их аналитической проработки и прикладной значимости отвечает требованиям пп. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (ред. от 01.10.2018 г). Обобщая результаты анализа оппонируемой диссертационной работы, автореферата и публикаций диссертанта следует отметить, что представленная диссертация является законченным, самостоятельно выполненным, обладающим внутренним единством научным трудом, в котором приведены результаты теоретических и прикладных исследований в области автоматизации и цифровизации пищевых технологических процессов. Результаты работы обладают научной новизной и имеют практическую значимость.

Положительно оценивая диссертационную работу, следует заключить, что она соответствует критериям ВАК Минобрнауки РФ, предъявляемым к

докторским диссертациям, а ее автор – Кайченев Александр Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по заявленной специальности.

Официальный оппонент,
профессор кафедры «Систем автоматизированного управления»
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Московский государственный
университет технологий и управления имени К.Г. Разумовского
(Первый казачий университет)»
доктор технических наук, профессор

Адрес: Москва, ул. Земляной Вал, 73

Телефон: +7 (906) 064-99-91

E-mail: s.petrov@mgutm.ru



Петров Сергей Михайлович

« 19 » сентября 2022

Подпись Петрова С.М. заверена

зам. ректора ФФ



Котиков Д.В.