

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Столянова Александра Вячеславовича «Автоматизированная система научных исследований процессов стерилизации пищевых продуктов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности: 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки)

Актуальность исследования

Стерилизация пищевого продукта в автоклавах является ключевой стадией технологического процесса, определяющей безопасность продукта для потребителя. Научно-технический уровень средств и систем автоматизации позволяет выбирать и проводить индивидуальные режимы термической обработки продукта в автоклавах заданного типа с обеспечением микробиологической безопасности и органолептических показателей продукта. Процесс разработки методов и алгоритмов управления режимами стерилизации пищевых продуктов включает этапы подбора режима, лабораторного испытания, производственной проверки, оформления результатов, согласования и представления на утверждение документации по проведению режима и управлению им. Наиболее продолжительным и затратным является этап предварительного подбора режима стерилизации. Сокращение временных и экономических затрат на данном этапе возможно за счет автоматизации исследований режимов стерилизации, методов и систем управления процессом стерилизации на основе комбинированного рассмотрения моделей стерилизационной камеры автоклава и пищевого продукта. Разработка принципов построения и использования программно-технического комплекса для научных исследований процессов стерилизации пищевых продуктов с целью изучения существующих и разработки менее энергозатратных режимов проведения стерилизации является актуальной.

Использование автоматизированной системы научных исследований (АСНИ) процессов стерилизации пищевых продуктов на этапе предварительного подбора режима позволит осуществлять поддержку принятия решений инженером-технологом при разработке нового режима стерилизации, создать предпосылки интеграции автоматизированных систем поддержки жизненного цикла оборудования автоклавного отделения и производственного процесса выпуска пищевых стерилизованных продуктов.

Структура, объем и содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы, включающего 106 источников (из которых 34 иноязычных), четырех приложений. Основная часть работы изложена на 148 страницах печатного текста, диссертация содержит 75 рисунков и 19 таблиц.

Во **введении** отражены актуальность работы, степень разработанности темы, цели и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена описанию современного состояния научных исследований в области стерилизации пищевых продуктов. Глава включает подробный аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы и результаты анализа состояния и тенденций научных исследований в сфере подбора и обоснования режимов стерилизации и управления автоклавами. Описаны объекты, методы, средства и программно-целевая модель диссертационного исследования.

Во **второй главе** представлены постановка и результаты исследования процессов стерилизации пищевых продуктов как объекта управления. В работе выделены параметры процессов нагрева и охлаждения автоклава, оценено их влияние на энергозатраты для тепловой обработки продуктов, рассмотрено влияние интервала измерения температуры греющей среды на значение фактического стерилизующего эффекта, построено температурное поле автоклава.

В **третьей главе** предложены и обоснованы направления совершенствования методик и алгоритмов разработки режимов стерилизации пищевых продуктов на основе использования АСНИ. В материале главы:

- представлена классификация температурных профилей греющей среды в стерилизационной камере автоклава, необходимых для управления процессом стерилизации;
- предложена модернизированная методика разработки режимов стерилизации пищевых продуктов для промышленных автоклавов;
- рассмотрены вопросы прогнозирования фактического стерилизующего эффекта при управлении процессом стерилизации для заданного режима;
- разработан цифровой двойник промышленного автоклава;
- представлены структура и описание компонентов АСНИ процессов стерилизации, выделена и исследована взаимосвязь АСНИ с цифровым двойником автоклава.

Четвертая глава диссертационной работы посвящена вопросам практической реализации блоков имитационного и физического моделирования для автоклавов Н2-ИТА602 и АВК-30М в АСНИ. Рассмотрены задачи построения экспертной системы процессов стерилизации и использования нечеткой логики на примере оценки влияния нагрева и охлаждения автоклава на фактический стерилизующий эффект.

Заключение содержит основные выводы по результатам исследований.

Приложения к работе содержат руководство пользователя комплексом проведения исследований в автоклаве АВК 30М, копии документов на результаты интеллектуальной деятельности, полученных в ходе исследования, копии актов о внедрении и использовании результатов работы.

Научная новизна работы

Как следует из текста диссертационной работы, научную новизну имеют предложенные и разработанные автором:

1. Обоснование использования и разработки АСНИ процессов стерилизации пищевых продуктов для выбора режимов стерилизации.
2. Модернизированная экономичная методика разработки режимов стерилизации пищевых продуктов для промышленных автоклавов.
3. Способ управления процессом стерилизации, основанный на прогнозировании фактического стерилизующего эффекта продукта.
4. Классификация температурных профилей греющей среды в стерилизационной камере, необходимых для управления процессом стерилизации пищевых продуктов.

Практическая значимость диссертационной работы

Автором получены результаты, способные обеспечить повышение эффективности и снижение энергозатрат режимов стерилизации пищевых продуктов в промышленных автоклавах на основе выбора и обоснования режимов стерилизации с использованием АСНИ, базис которой составляют результаты интеллектуальной деятельности в виде программ для ЭВМ (свидетельства о государственной регистрации № 2017612613, № 2020665739, № 2021613099 и №2021613155), позволяющий повысить эффективность разрабатываемого режима тепловой обработки пищевых продуктов и уменьшить временные затраты при работе инженера-технолога. Практическую ценность и новизну работы подтверждает разработанный с участием автора исследования и используемый в АСНИ способ управления процессом тепловой обработки консервов из гидробионтов (патент на изобретение № RU2789344C1 от 01.02.2023 г.).

Достоверность и апробация полученных результатов

Достоверность и обоснованность полученных в диссертации результатов подтверждается применением методов аппроксимации, идентификации и теории оптимального управления при построении моделей, использованием промышленных сред программирования при разработке авторского программного обеспечения.

Представленные в работе табличные и графические данные не противоречат данным из других источников, что подтверждает достоверность результатов исследования и сформулированных рекомендаций и выводов.

Результаты диссертационного исследования внедрены в производственный цикл группы компаний «ФЭСТ» (холдинг «Норебо»).

Положения диссертации и полученные автором результаты прошли апробацию на российских и международных научно-практических конференциях. Результаты диссертации представлены в 19 публикациях. Из них 5 публикаций включены в международные базы данных (Scopus) и 5 публикаций в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ. Кроме того, на результаты разработок получены документы для защиты интеллектуальной собственности (патент на изобретение и четыре программы для ЭВМ).

Замечания по диссертационной работе

1. При изложении материала, посвященного экспериментальной части (пункт 2.1) не акцентировано какие опыты проводились на реальном оборудовании, а какие процессы моделировались (стр. 40-41).
2. В тексте работы отсутствуют пояснения к выбору количественных значений ряда параметров, а именно: не обосновано разделение процесса охлаждения на два этапа; при указании границы количественного значения брака в опытной партии консервов не ясно почему указано 0,1 %» (стр.12); нет пояснений почему для этапа лабораторной проверки режима необходимо провести от трех до пяти автоклавоварок.
3. По тексту работы непонятно проводился ли реальный процесс стерилизации по предлагаемому способу и если да, то какова точность воспроизведения моделируемого режима стерилизации?
4. Недостаточно полно раскрыты особенности программно-технической реализации модулей АСНИ, а именно отсутствует обоснование выбора для регистрации температуры комплексов логгеров Ellab TrackSense PRO и ТЕРМОХРОН, нет определения функционала ПО ProcessF (стр. 35).
5. В тексте диссертации и автореферата имеется ряд опечаток и некорректных выражений, например замечания после фразы «Основными недостатками программ OPT-PROx и PRSC являются» (стр. 25-26).
6. Таблицы 2.1-2.6 и 2.10-2.11, оценка производительности вычислительных платформ (п. 2.5) и перечень рисунков можно было вынести в приложения.

Отмеченные замечания не снижают общую положительную оценку работы Столянова Александра Вячеславовича и несомненно будут исключены при продолжении исследований.

Заключение по диссертации

Диссертационная работа Столянова Александра Вячеславовича «Автоматизированная система научных исследований процессов стерилизации пищевых продуктов» является законченной научно-квалификационной работой, выполненной автором самостоятельно, соответствует паспорту специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Решенная в работе задача имеет важное значение для создания автоматизированных систем научных исследований процессов стерилизации

пищевых продуктов. Работа выполнена на актуальную тему и имеет конкретный прикладной результат в области автоматизации и управления процессами стерилизации при производстве пищевых продуктов.

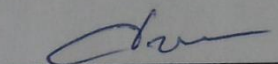
Основные результаты работы в полной мере представлены в 19 научных публикациях, в том числе 5 из них в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК РФ и 5 в изданиях, входящих в Scopus. Кроме того, по материалам исследования автором диссертационной работы получены документы о защите интеллектуальной собственности на результаты исследований в виде патента (в соавторстве) и четырех программ для ЭВМ (в соавторстве).

Автореферат диссертации полностью отражает содержание работы.

Работа соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (редакция от 18.03.2023 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Столянов Александр Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.3 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки).

Официальный оппонент:

профессор кафедры «Автоматизация технологических процессов» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственной технической университет», доктор технических наук (05.13.06 - «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»), 05.13.12 – «Системы автоматизации проектирования»), доцент

 О.Л. Ахремчик

« 14 » 08 2023 г.

Почтовый адрес: РФ, 170024, г. Тверь, пр. Ленина, д. 25,
ФГБОУ ВО «ТвГТУ», кафедра АТП
телефон +79043547368
email akhremchikoleg@yandex.ru

Подпись Ахремчика О.Л. заверяю
Ученый секретарь ученого совета
ФГБОУ ВО «ТвГТУ»
д.т.н., профессор

