

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, заведующего кафедрой
«Теоретическая механика» ФГБОУ ВО «Московский государственный
технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный
исследовательский университет)» **Шкапова Павла Михайловича** на
диссертационную работу **Мокрушина Сергея Александровича** на тему
«Разработка автоматизированной системы управления технологическим про-
цессом стерилизации консервов в промышленном автоклаве»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности **05.13.06** – «Автоматизация и управление
технологическими процессами и производствами
(в пищевой промышленности)»

Актуальность диссертационного исследования

Диссертационная работа С.А. Мокрушина посвящена повышению качества и эффективности технологического процесса стерилизации консервов в промышленном автоклаве путем разработки и внедрения автоматизированной системы управления, обеспечивающей снижение доли брака в готовой продукции и экономию энергоресурсов за счет точного регулирования технологических параметров и компенсации взаимного влияния контуров регулирования для всех технологических стадий процесса стерилизации. В работе рассмотрен технологический процесс стерилизации консервов в стеклянной таре в вертикальном автоклаве периодического принципа действия, так как данный технологический процесс и аппарат наиболее сложны в автоматизации из-за большого количества технических ограничений.

Предложенный алгоритм и система автоматического управления для аппаратов периодического действия позволяют добиться более глубокой автоматизации, в том числе подготовительных операций, что, в свою очередь, существенно сокращает ручной труд в производственном цикле стерилизации консервов.

Поэтому разработка эффективных алгоритмов и системы автоматического управления автоклавом на основе современных законов управления для ведения процесса стерилизации консервов, является актуальной научной задачей, решение которой позволит существенно снизить расход энергоресурсов и процент брака продукции после стерилизационной обработки, что в конечном итоге отразится на качестве и себестоимости конечного продукта.

Содержание диссертационной работы

Диссертационная работа С.А. Мокрушина состоит из введения, четырех глав, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка используемой литературы, включающего 100 наименований, и приложений. Основное содержание работы изложено на **176** страницах машинописного текста, содержит **56** рисунков, **29** таблиц, **5** приложений.

Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи исследования, выделены объект и предмет исследования, приведены методы исследования, научная новизна, практическая значимость исследования и основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу современного состояния консервной промышленности, представлены основные сведения о технологическом процессе стерилизации консервов и виды процесса стерилизации, выделены особенности процесса стерилизации консервов, обозначены основные направления совершенствования процесса стерилизации, среди которых можно выделить рациональный выбор оборудования и создание на его основе эффективной системы автоматического управления технологическим процессом стерилизации консервов.

Произведён анализ оборудования для стерилизации консервов, выявивший их недостатки. Выполнен сравнительный анализ, как существующих систем управления технологическим процессом стерилизации консервов, так и самих установок для стерилизации консервов. Определено, что современный технический уровень систем управления стерилизационными установками не способен обеспечить сразу все критерии, которым должна соответствовать система автоматического управления процессом стерилизации.

Обоснована необходимость разработки и выполнен структурный синтез комплекса технических средств для реализации системы автоматического управления технологическим процессом стерилизации с целью снижения доли ручного труда, экономии энергоресурсов и повышения качества готовой продукции.

Вторая глава посвящена разработке математической модели технологического процесса стерилизации консервов в автоклаве Б6-КАВ-2 при паровом способе нагрева в воде с противодавлением в виде структуры и описания динамических свойств передаточными функциями. Особенностью модели является учет многосвязности объекта управления и более полный учет внешних возмущений. Созданы предпосылки к разработке эффективных стерилизационных установок для малых предприятий и крупных произ-

водств, а также совершенствования существующих стерилизационных аппаратов с использованием разработанной математической модели. Предложенная математическая модель реализована на ЭВМ с использованием программного средства MATLAB в приложении Simulink и может быть использована при исследовании различных вариантов построения системы автоматического управления, являясь более полной по сравнению с моделями, полученными другими исследователями.

В третьей главе предложена математическая модель системы автоматического управления технологическим процессом в промышленном автоклаве, выполняющая регулирование температуры и давления на этапе нагрева, собственно стерилизации и охлаждения, и учитывающая связь между этими двумя параметрами. Реализованная в Simulink система программного управления параметрами технологического процесса выполняет раздельное включение по стадиям процесса регуляторов в контуре управления температурой и одновременную работу регуляторов в контуре управления давлением. Доказана целесообразность использования ПИ-регулирования для автоматизации алгоритмов поддержания температуры и П – регулирования для автоматизации алгоритмов поддержания давления на всех стадиях процесса стерилизации консервов в автоклаве, как наиболее соответствующих. Система управления настроена на переходной процесс с минимальной квадратичной площадью отклонения, что позволяет реализовать регулирование без колебаний и перерегулирования. Всё это обеспечило настройку системы на переходный процесс с требуемыми показателями качества процесса регулирования без дополнительных затрат на реализацию более сложных алгоритмов. Эффективность регулирования доказана путём анализа прямых показателей качества процесса регулирования.

Четвертая глава работы посвящена созданию программно-аппаратного комплекса автоматического управления процессом стерилизации консервов, который является более универсальным по сравнению с системами управления, полученными другими исследователями. Предложенный алгоритм работы дополнительно включает реализацию в автоматическом режиме подготовительных операций, предшествующих основному режиму, а также алгоритм предупреждения аварийных ситуаций в процессе регулирования. Особенностью разработанного комплекса управления является программная реализация двухконтурного четырёхканального регулятора с применением современных законов автоматического регулирования, что позволило реализовать требуемые показатели качества технологического процесса. Система управления реализована на элементах автоматики ПО «ОВЕН».

Система включает в себя как элементы управления технологическим процессом, так и элементы создания человеко-машинного интерфейса, образующие информационную среду комплекса. Разработка включает в себя аппаратные средства и программное обеспечение. Проведена экспериментальная проверка результатов исследования на промышленном оборудовании. Получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ (№2017612219 от 17 февраля 2017 г.) «Управление процессом стерилизации консервов в автоклаве». Результаты работы прошли апробацию и внедрены на консервном заводе «Росинка» (имеется соответствующий акт внедрения).

Результаты работы также внедрены в учебном процессе ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» на кафедре «Электропривод и автоматизация промышленных установок».

В заключении работы обобщаются полученные результаты, формулируются выводы по диссертационной работе.

Представленные материалы позволяют достаточно полно оценить объем и сложность проведенного исследования.

Автореферат в достаточно полно отражает содержание диссертации.

Список литературы актуален и содержит исчерпывающее количество ссылок на работы других исследователей по вопросам, затронутым в диссертации.

Следует отметить широкий спектр литературных источников, использованных автором при написании диссертации. Из 100 источников 11 являются зарубежными. Автор использовал 9 диссертаций по различным предметным областям исследований, 32 учебника, 20 монографий, 23 статьи в научных журналах, 4 официальных нормативных документа РФ, 12 статей в сборниках трудов конференций.

По **основным результатам работы опубликовано** 24 печатных работ, 4 из которых в рецензируемых журналах, входящих в список, рекомендованный ВАК.

Новизна научных исследований и полученных результатов

В ходе исследований автором получены новые научные результаты, имеющие важное научное и прикладное значение для развития автоматизированных систем управления технологическими процессами стерилизации консервов, а именно:

1. Проведен системный анализ технологических процессов стерилизации консервов. Выявлены и обоснованы основные показатели качества готовых стерилизованных консервов.
2. Разработана модель, наибольшим образом соответствующая физи-

нологического процесса стерилизации консервов, организованная по структурно-функциональному принципу с учётом взаимосвязанности параметров, наибольшим образом соответствующая физической природе протекающих в автоклаве тепло- и массообменных процессов.

- Разработана структура системы автоматического управления технологическим процессом стерилизации консервов, с применением современных законов теории автоматического управления и имитационного моделирования.

- Предложен алгоритм автоматического управления, обеспечивающий снижение доли брака в готовой продукции и экономию энергоресурсов за счет точного регулирования технологических параметров и компенсации взаимного влияния контуров регулирования для всех технологических стадий процесса стерилизации, который может быть использован также для усовершенствования существующих и создания новых систем автоматического управления стерилизационными установками, реализующими аналогичные технологии.

- Разработана система автоматического управления технологическим процессом стерилизации консервов, позволяющая добиться автоматизации подготовительных операций, что, в свою очередь, существенно сокращает ручной труд в производственном цикле стерилизации консервов.

Предложенный состав, структура и технические решения, принятые при реализации программно-аппаратного комплекса автоматизированной системы управления процессом стерилизации консервов с автоматизированным рабочим местом оператора внедрены на ООО Консервный завод «Росинка» (г. Яранск, Кировская обл.) В диссертации имеется соответствующий акт внедрения.

Теоретические и практические результаты проведенных исследований внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет».

Соответствие результатов заявленной научной специальности

Научные результаты соответствуют следующим пунктам научной специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям)»:

- «п.2.Автоматизация контроля и испытаний»;
- «п.9.Методы эффективной организации и ведения специализированного информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП и др., включая базы и банки данных и методы их оптимизации»;
- «п.12.Методы контроля, обеспечения достоверности, защиты и резер-

вирования информационного и программного обеспечения АСУТП, АСУП и др.»;

- «п.15.Теоретические основы, методы и алгоритмы интеллектуализации решения прикладных задач при построении АСУ широкого назначения».

Замечания по диссертационной работе

По диссертационной работе Мокрушина С.А. можно сделать следующие замечания:

1. В первой главе недостаточно подробно выполнен обзор состояния данной проблемы в мире (анализ зарубежных авторов) и критика недостатков, имеющих место в представленных авторских решениях.
2. Во второй главе в разделе 2.2. недостаточно подробно описано отличие разработанной автором математической модели от предыдущих исследований. Необходимо более чётко указать новизну и выигрыш, полученные при использовании данной имитационной модели в сравнении с существующими решениями.
3. Во второй главе в разделе 2.3. недостаточно подробно представлены доказательства адекватности полученной математической модели.
4. В диссертационной работе отсутствуют цифры, подтверждающие результаты внедрения автоматизированной системы на производстве: величины и объемы партий, выборки, статистический критерий, показатели повышения эффективности и т.д.
5. Отсутствует публикации материалов диссертационного исследования в журналах из списка Web of Science или Scopus.
6. В работе встречаются неточности и опечатки:
 - стр. 5 «повышение эффективности установки производимой продукции...» ?
 - стр. 7 «Математическая модель процесса стерилизации консервов в промышленном автоклаве, отличающаяся тем,».
 - стр. 28, на рисунке 1.4. и по тексту нет обозначений составных частей автоклава марки Б6-КАВ-В2;
 - ссылки на публикации в тексте диссертации должны располагаться последовательно, начиная с первой. И т.д.

Перечисленные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

Заключение

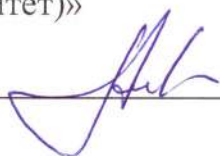
Считаю, что цель и задачи диссертации обусловлены актуальными проблемами науки и практики. Поставленная цель исследования достигнута. И соответствующие задачи решены на достаточно высоком научном уровне.

На основе анализа содержания диссертации, автореферата, опубликованных автором работ можно сделать следующее заключение: диссертация Мокрушина Сергея Александровича является законченной научно-квалификационной работой и соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым Высшей аттестационной комиссией Министерства образования и науки РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, в которой содержится решение задачи разработки автоматизированной системы управления технологическим процессом стерилизации консервов в промышленном автоклаве.

Считаю, что автор работы, С.А. Мокрушин, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (в пищевой промышленности)» (технические науки).

Заведующий кафедрой «Теоретическая механика»
им. профессора Н.Е. Жуковского ФГБОУ ВО
«Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана (национальный
исследовательский университет)»

Доктор технических наук
E-mail: spm@bmstu.ru



Шкапов Павел Михайлович

Почтовый адрес: 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ФН-3
Тел.: 8 (499) 263-69-69

