

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «КГТУ»

_____ Кострикова Н.А.

«05» _____ 06 _____ 2019 г.



Отзыв ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет» на диссертационную работу Мокрушина Сергея Александровича на тему «Разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом 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 (пищевая промышленность)

Общая характеристика работы. Диссертация на тему «Разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом стерилизации консервов в промышленном автоклаве» выполнена на кафедре «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами». Работа состоит из введения, четырех глав, выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы (100 наименований) и 5 приложений. Работа содержит 56 рисунков, 29 таблиц и по формальным признакам соответствует требованиям п.п. 9-11 Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней кандидата технических наук.

Актуальность темы. Консервы являются стратегическим продуктом питания, от их качества зависит продовольственная безопасность страны в чрезвычайных ситуациях. Одними из основных процессов обработки сырья в пищевой промышленности является термическая обработка продукта (стерилизация и пастеризация), которая достаточно энергоемка. Ассортимент консервной продукции в условиях рыночной конкуренции постоянно расширяется, а к качеству консервов предъявляются более высокие требования, которые могут удовлетворяться только за счет совершенствования технологии и оборудования. По этой причине на многих предприятиях предусмотрены мероприятия по выведению из эксплуатации старого

неэффективного оборудования и внедрению нового, соответствующего современным требованиям по качеству и энергоэффективности, а также использованию инновационных технологий в производственном процессе.

Резкому повышению эффективности технологического процесса стерилизации консервов может способствовать внедрение современных автоматических систем управления технологическим процессом, которые позволят более точно регулировать и поддерживать параметры процесса. В силу этого, разработка и исследование систем автоматизации технологического процесса стерилизации консервов является актуальной научно технической задачей.

Структура и содержание диссертационной работы.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, определены цель и задачи исследования, объект и предмет исследования, методы исследования, показаны научная новизна исследования и практическая значимость полученных результатов.

В первой главе выполнено исследование современного состояния производства консервов, выделены особенности процесса стерилизации консервов в вертикальных автоклавах периодического действия, к которым относятся стадийность технологического процесса, управление двумя взаимосвязанными параметрами (температурой и давлением) и использование для регулирования обозначенных параметров четырёх взаимосвязанных каналов управления. Установлено, что кроме типовых возмущений, связанных с изменением начальной температуры стерилизуемой продукции и различной степенью загрузки аппарата, процесс стерилизации подвержен главному возмущению, связанному с нестабильностью параметров в подающих трубопроводах. Выявлены недостатки современных отечественных систем автоматического управления технологическим процессом стерилизации консервов. Сформулированы основные показатели качества, система технических требований и ограничений, позволяющие рационально решать задачи автоматического управления технологическим процессом стерилизации консервов в промышленном автоклаве. Обоснована целесообразность разработки программно-аппаратного комплекса управления технологическим процессом стерилизации консервов, реализуемого на базе программируемого логического контроллера. Выполнено описание структуры и комплекса технических средств для реализации системы автоматического управления технологическим процессом стерилизации с целью снижения доли

ручного труда, экономии энергоресурсов и повышения качества готовой продукции.

Во второй главе разработана математическая модель процесса стерилизации консервов в промышленном автоклаве при паровой стерилизации в воде с противодавлением, учитывающая взаимодействие параметров, отражающих поведение исследуемой системы и адекватно отражающая течение реального технологического процесса. Полученная в ходе исследований модель процесса стерилизации консервов позволяет учесть теплофизические свойства стерилизуемой продукции, влияние технологических возмущений в энергосистемах (паропроводах, водопроводах и воздухопроводах) и индивидуальных характеристик автоклава.

Созданы предпосылки к разработке эффективных стерилизационных установок для малых предприятий и крупных производств, а также совершенствования существующих стерилизационных аппаратов с использованием разработанной математической модели технологического процесса стерилизации консервов в промышленном автоклаве.

В третьей главе на основе физического описания технологического процесса стерилизации консервов в промышленном автоклаве разработана математическая модель системы управления в пакете Simulink, применение которой позволило осуществить разработку системы автоматического управления и её отладку. Модель выполнена открытой и может эффективно использоваться при проектировании систем управления аппаратов с аналогичными конструкциями и принципами действия.

Для автоматизации управления параметрами технологического процесса стерилизации консервов обоснована целесообразность использования современных средств и методов на базе современных законов автоматического управления.

Предложен двухконтурный четырёхканальный регулятор температуры и давления в автоклаве, обеспечивающий снижение объёма бракованной продукции и экономию энергоресурсов, за счет более точной коррекции взаимного влияния контуров регулирования. Регулятор явился основой для создания системы автоматического управления и позволил произвести компенсацию возмущающих воздействий, связанных с изменениями технологических параметров. Разработанный регулятор можно применить при проектировании систем управления других подобных технологических установок.

Для всех этапов технологического процесса сформировано математическое описание, при котором максимальная относительная ошибка аппроксимации не превышает 5%, что позволяет оптимизировать параметры регуляторов. Задача поиска параметров настройки регуляторов решена на основании графоаналитического метода с использованием кривой разгона. Для анализа технологического процесса стерилизации консервов предложено использование прямых показателей качества. Данный подход обеспечил переходные процессы с заданными показателями качества, не уступающими более сложным методам поиска настроек регулятора. В итоге время регулирования соответствует заданному, перерегулирование и статическая ошибка регулирования отсутствуют.

Научно обосновано и экспериментально подтверждено, что настройка системы управления на переходный процесс с минимальной квадратичной площадью отклонения позволяет уменьшить отклонения регулируемой величины от заданного значения и повысить точность процесса регулирования параметров технологического процесса.

В четвертой главе определена структура и параметры системы автоматического управления технологическим процессом стерилизации консервов в промышленном автоклаве, выбраны технические средства, реализующие разработанный алгоритм управления. Разработан алгоритм управления, который включает в общий автоматизированный цикл технологического процесса этапы заполнения автоклава водой, подогрев воды и проверку автоклава на герметичность на подготовительном этапе.

Представлен программно-аппаратный комплекс, учитывающий результаты проведенных в диссертации исследований, основой которого является программируемый логический контроллер, позволяющий как реализовывать требуемые алгоритмы управления, так и обеспечить необходимую гибкость системы управления. Разработанный комплекс позволил реализовывать графики управления процессом стерилизации, определяемые параметрами заданного процесса регулирования. Комплекс опирается на человеко-машинный интерфейс, одной из основных функций которого является реализация алгоритмов управления в соответствии с заданными формулами стерилизации и обеспечение требуемого и безопасного управления процессом стерилизации консервов в промышленном автоклаве.

Приведены результаты опытно-промышленных испытаний, доказывающие, что система обеспечивает требуемое качество управления и

является астатической по отношению к возмущающим воздействиям. Показана возможность оптимизации алгоритмов управления и других проектных решений методом моделирования. Достоверность и эффективность представленных в работе научных положений и практических рекомендаций доказана опытом эксплуатации программно-аппаратного комплекса управления параметрами технологического процесса стерилизации консервов на ООО Консервный завод «Росинка» (г. Яранск, Кировская обл.).

Новизна исследований и полученных результатов.

В диссертационном исследовании предложен ряд новых и оригинальных положений, имеющих существенное прикладное значение при автоматизации технологического процесса стерилизации консервов с учетом его отличительных особенностей. Предложены и обоснованы оригинальные положения, имеющие весомое научное и прикладное значение для развития систем автоматического управления технологическим процессом стерилизации консервов в промышленном автоклаве, обеспечивающие повышение эффективности технологической установки и качества готовой продукции, а именно:

- разработана математическая модель технологического процесса стерилизации консервов в промышленном автоклаве, организованная по структурно-функциональному принципу с учётом взаимосвязанности параметров, наибольшим образом соответствующая физической природе протекающих в автоклаве тепло- и массообменных процессов;

- описан метод создания системы автоматического управления технологическим процессом стерилизации консервов в промышленном автоклаве с применением современных законов теории автоматического управления и имитационного моделирования;

- представлен алгоритм автоматического управления технологическим процессом стерилизации консервов в промышленном автоклаве на базе законов 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;

- приведены состав, структура и технические решения, принятые при реализации системы автоматического управления технологическим процессом

стерилизации консервов в промышленном автоклаве в виде программно-аппаратного комплекса.

Практическая значимость результатов работы для науки и производства.

Представленные автором выводы, рекомендации и результаты исследования имеют прикладное значение и могут быть использованы для создания автоматизированных систем управления процессом стерилизации консервов, применяемых при автоматизации промышленных автоклавов, ориентированных на использование открытого программного и аппаратного обеспечения отечественного производства.

Практическое применение результатов исследований реализовано в виде разработанного и внедренного на консервном заводе программно-аппаратного комплекса, позволяющего добиться более глубокой автоматизации технологического процесса, в том числе подготовительных операций, что, в свою очередь, существенно сокращает ручной труд в производственном цикле стерилизации консервов. Данный комплекс дает возможность поддерживать с требуемой точностью заданные технологические параметры процесса стерилизации консервов. Разработанные решения позволяют повысить эффективность работы промышленных автоклавов и получать на выходе продукцию требуемого качества.

Рекомендации по применению результатов.

Полученные в диссертационном исследовании практические результаты рекомендуются к применению на консервных предприятиях при автоматизации участков стерилизации консервов. Предложенный универсальный программно-аппаратный комплекс может служить основой для дальнейшего развития и модернизации систем управления существующих и вновь разрабатываемых промышленных установок для стерилизации консервов.

Замечания.

1. Необходимо было рассмотреть отдельные модели для стеклянных и металлических банок, желательно с разным продуктом и разным типоразмером, для того чтобы охватить в исследовании значительный спектр возможной стерилизуемой продукции.
2. В работе широко используются известные законы автоматического управления. Хотя представляет интерес, учитывая множество

типоразмеров банок и их содержимого с точки зрения тепловых параметров, рассмотреть и адаптивные методы управления. Впрочем, их легко реализовать, используя предложенную автором аппаратно-программную структуру технических средств.

3. В структурной схеме модели автоклава (рисунок 2.6 диссертации) видны нелинейности и, вероятно, что система не линейна в целом, поэтому требуется проверить систему при разных условиях работы. Также в исследовании не выделены особенности, связанные с нелинейностями.
4. С учётом того, что система не линейна, а процесс стерилизации состоит из трёх этапов, требуется перенастройка регуляторов на каждом этапе режима стерилизации. Остаётся не ясным, как рассчитываются параметры регуляторов на каждом этапе процесса стерилизации.

Заключение.


Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки основных результатов диссертации, связанных с разработкой и внедрением автоматизированной системы управления технологическим процессом стерилизации консервов, а также программно-техническими решениями по созданию системы управления, обеспечивающей заданные технологические режимы работы промышленного автоклава. Представленная диссертация является завершённой научно-квалификационной работой, удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор, Мокрушин Сергей Александрович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (пищевая промышленность).

Отзыв рассмотрен и одобрен на расширенном заседании кафедры «Автоматизации производственных процессов» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Калининградский государственный технический университет». Протокол № 10 от «5» июня 2019 г.

Зав. кафедрой автоматизации производственных процессов

ФГБОУ ВО «КГТУ»

к.т.н., доцент



Румянцев Александр Николаевич

Подпись <i>Сергей Александрович Мокрушин</i>	заверяю.
Проректор по НР <i>Н.А. Кострикова</i>	Н.А. Кострикова
« <u>05</u> » <u>06</u>	20 <u>19</u> г.