

АННОТАЦИЯ

диссертации, представленной на соискание ученой степени доктора (PhD)
по специальности 6D070200 – Автоматизация и управление

ТОЙГОЖИНОВА АЙНУР ЖУМАКАНОВНА

Исследование и разработка автоматизированной установки озонирования
воздуха

Актуальность темы диссертационного исследования.

Озон, являясь газом с уникальными бактерицидными свойствами и обладая высоким окислительным потенциалом, нашел разнообразное и обширное применение в различных областях жизнедеятельности человека и в различных отраслях производства, среди которых особое место занимают сельское хозяйство и пищевая промышленность.

Одним из способов повышения эффективности ряда технологических процессов в пищевой промышленности является использование озонозоооздушной смеси. Это обусловлено участием озона во многих биохимических процессах, являющихся основой обмена веществ и энергией в сельскохозяйственных биологических объектах. Итогом такого применения озонозоооздушной смеси является повышение производительности, снижение энергоемкости, снижение бактериологического и вирусного угнетения, повышение урожайности, продуктивности и сохранности сельскохозяйственной продукции. Одним из новых направлений хранения плодов, овощей, зерна и технических культур является применение озона. Озонированный воздух с успехом применяется как средство для стерилизации, обеспечения сохранности пищевых продуктов и для устранения запаха (дезодорация) в холодильниках и овощехранилищах. Озон разрушает поверхностную плесень, очаги гниения и убивает бактерии на поверхности овощей и фруктов, что приводит к удлинению срока сохранности и свежести. Окисляя этилен, озон задерживает перезревание фруктов, уничтожает окись углерода и резко снижает содержание вредных, токсичных, дурно пахнущих веществ в воздухе.

В связи с разнообразными областями использования озона особую актуальность приобретают задачи разработки научно-обоснованной технологии применения электроозонирования при хранении сельскохозяйственной продукции.

Разработка высокоэффективных озонных технологий и озонирующих устройств имеет большое значение и требует исследования теоретических положений и анализа экспериментальных данных, совокупность которых позволила бы развить научно-обоснованный методический аппарат проектирования данных систем с учетом требований, предъявляемых пищевой промышленностью.

При применении озона в пищевой промышленности большое внимание должно быть обращено на концентрацию выделяемого озона для обработки

продукции. Также необходимо учитывать особенности технологического процесса, видовой состав микрофлоры, температуру, влажность и другие параметры, которые могут оказать влияние на действие озона. Кроме того, технологический процесс озонирования – сложная инерционная система, характеризующаяся нестационарностью параметров, обусловленной нестационарностью свойств исходных продуктов, поставляемых на хранение.

Изменение во времени параметров ТП связано, прежде всего, с различием свойств поступающих плодов и овощей, многономенклатурностью производства, а также с износом, старением и выходом из строя технологического оборудования, датчиков и исполнительных механизмов. Многономенклатурность производства приводит к тому, что для управления ТП озонирования необходимо либо иметь большое количество моделей объектов управления, либо строить такие модели непосредственно в ходе ТП.

Основная проблема заключается в том, что для построения модели объекта управления требуется некоторое время. Для непрерывного ТП озонирования это означает, что при построении модели объекта возможен уход контролируемых выходных параметров за границы допусков и, как следствие, порча продукции и не соответствие техническим требованиям и требованиям потребителей.

Поэтому исследователи в последние годы начинают разрабатывать подход к адаптивной идентификации нестационарных ТП с марковскими параметрами. ТП озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции как объект с нестационарными параметрами (хранимых продуктов), может быть приведен к пассивной идентификации, то есть к задаче стохастического управления при построении моделей ТП в реальном масштабе времени. Для управления такими нестационарными динамическими объектами одним из популярных методов становится построение адаптивных систем управления.

В связи с этим разработка математических моделей и алгоритмов управления, учитывающих особенности процесса озонирования и ориентированных на современные микропроцессорные средства управления реального времени, с целью создания АСУ ТП, определяет актуальность избранной темы диссертации.

Объектом исследования являются режимы озонирования воздуха для обеспечения процессов сохранности сельскохозяйственной продукции в системе «озонатор-овощехранилище».

Предметом исследований являются методы и модели построения озонатора с автоматической регулируемой частотой и адаптивной системы управления технологическим процессом озонирования.

Целью диссертационной работы является исследование и разработка автоматизированной установки с мониторингом и оперативным управлением озонированием воздуха для повышения сроков хранения сельскохозяйственной продукции в закрытых помещениях на основе усовершенствованной конструкции озонатора.

Основные задачи исследования:

1. выполнить анализ и выявить научные, технологические и технические проблемы автоматизации и управления процессами озонирования воздуха при хранении сельскохозяйственной продукции в закрытом объеме;

2. разработать усовершенствованную конструкцию озонатора с автоматической регулируемой частотой на основе методов и способов усиления тока в озонаторах на коронном разряде, обеспечивающих повышение выхода озона (в т.ч. разработать методику расчета перепада давления в озонаторе, работающего по принципу ионно-конвекционного насоса);

3. разработать адаптивные прогнозирующие модели технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции, а также условия идентифицируемости объекта управления для синтеза алгоритма идентификации;

4. предложить и исследовать функциональные схемы системы управления автоматизированной установки с мониторингом и оперативным управлением процессами озонирования воздуха при хранении сельскохозяйственной продукции в закрытом объеме с использованием разработанной математической модели.

5. разработать и провести опытные испытания системы управления автоматизированной установки с мониторингом и оперативным управлением процессами озонирования воздуха при хранении сельскохозяйственной продукции в закрытом объеме.

Научную новизну работы составляют:

– Разработанная математическая модель ионизационных процессов в коронном разряде и расчетные значения зависимости плотности озона в зоне коронного разряда от величины разрядного тока и конфигурации коронирующего электрода.

– Обоснование представления технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции в качестве нестационарного динамического многомерного многосвязного объекта управления для которого впервые предложено аналитическое описание в виде системы из q разностных уравнений, линейных относительно коэффициентов.

– Впервые предложенная методика получения адаптивных прогнозирующих моделей технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции для синтеза алгоритма идентификации и адаптивной системы управления ТП озонирования.

– Синтез системы управления автоматизированной установки с мониторингом и оперативным управлением процессами озонирования воздуха при хранении сельскохозяйственной продукции в закрытом объеме с использованием разработанной динамической математической модели.

На защиту выносятся следующие научные положения:

– математическая модель ионизационных процессов в коронном разряде и расчетные значения зависимости плотности озона в зоне коронного разряда от величины разрядного тока и конфигурации коронирующего электрода.

– озонатор на коронно-барьерном разряде, работающий при высоковольтном импульсном питании с автоматической регулируемой частотой;

– математическая модель технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции в виде системы из q разностных уравнений, линейных относительно коэффициентов.

– методика получения адаптивных прогнозирующих моделей технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции для синтеза алгоритма идентификации и адаптивной системы управления ТП озонирования.

– алгоритмы управления, обеспечивающие оптимальный режим обработки озоном сельскохозяйственной продукции.

Практическая значимость работы заключается в следующем:

1. В результате проведенных исследований найдены условия усиления тока, позволяющие получить озон из неосушенного воздуха с энергетическим выходом 40 – 50 граммов на кВт·час, что позволяет упростить конструкцию озонатора и получить малые удельные энергозатраты на 1г. озона.

2. Разработан, изготовлен и испытан озонатор высоковольтных импульсов ОВИ-1 работающий в коронно-барьерном разряде с более высоким выходом озона.

3. Разработана система автоматического регулирования концентрации озона в рабочем помещении.

Разработанная автоматизированная установка озонирования воздуха прошла научно – экспериментальные, производственные испытания в:

- Люблинском политехническом университете;

- Овощехранилище продовольственного рынка «Арзан», г. Кызылорда.

Научные результаты диссертационной работы внедрены в процесс хранения и подготовки продукции компании «Herbarol» г.Люблин (Польша).

Конкретное личное участие автора в получении научных результатов заключается в следующем:

– постановке задач исследований и способов их реализации;

– разработке и изготовлении опытного образца озонатора высоковольтных импульсов для дезинфекции и санаций воздуха, работающего при пониженном давлении атмосферного воздуха;

– проведении экспериментальных исследований и опытных испытаний озонатора ОВИ-1.

– обосновании представления технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции в качестве

нестационарного динамического многомерного многосвязного объекта, описываемой системой из q разностных уравнений.

– разработке методики получения адаптивных прогнозирующих моделей технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции.

– разработке технологической схемы озонирования и системы управления автоматизированной установкой озонирования воздуха при хранении сельскохозяйственной продукции в закрытом объеме.

Публикации. По основным результатам выполненных исследований и разработок подготовлены и опубликованы более 25 научных работ, в том числе 1 книга, 3 предпатента и 3 инновационных патента, из них 5 работ опубликованы в изданиях, рекомендованных комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК.

Апробация работы: Основные положения диссертации докладывались и получили одобрение на международных Сатпаевских чтениях «Роль и место молодых ученых в реализации новой экономической политики Казахстана», Алматы, 2015, на Science conference. WD2016. Lublin, 11 – 13 Czerwca 2016, на международных Сатпаевских чтениях «Конкурентоспособность технической науки и образования», посвященной 25-летию Независимости Республики Казахстан, 2016, на Fifth national congress of environmental engineering, Lublin, Poland, 29 may – 1 june, 2016.

Структура и объем диссертации: Диссертационная работа состоит из введения, четырех разделов основного содержания, заключения и приложений, библиографического списка из ___ наименований и содержит 167 страниц, 28 рисунков и 17 таблиц.

В первом разделе описаны основные принципы взаимодействия озона с микроорганизмами и процессов бактерицидной обработки поверхностной микрофлоры и других патогенных бактерий и микробов. Выявлено, что в настоящее время нет промышленных озонаторов, используемых для озонирования закрытых производственных помещений с возможностью автоматического регулирования концентрации озона. Из анализа существующих разработок автоматизированных систем и установок по применению озона показано, что разработка автоматизированного управления концентрацией озона в овощехранилище отличается наличием многих меняющихся факторов в виде разновидности и формы, степени зрелости и залежности продуктов обработки, что значительно усложняет процедуры оптимизации режимов озонирования воздуха в овощехранилище. Поэтому для оптимизации режимов озонирования необходимо разработать адаптивные прогнозирующие модели технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции, а также условия идентифицируемости объекта управления для синтеза алгоритмов идентификации и адаптивного управления.

Во втором разделе на основе вольтамперных характеристик получены расчетные значения плотностей ионов озона и кислорода на границе

коронирующего слоя. На основе уравнения непрерывности для ионов озона получено выражение для плотности нейтральных молекул озона в разрядной зоне отрицательной короны. Решена система дифференциальных уравнений для коронного разряда с целью моделирования процессов в зоне разряда и определения доли диффузионной составляющей тока коронного разряда. Решена задача по разработке озонатора с применением свойств электрического ветра, возникающего в условиях коронного разряда, что позволило упростить конструкцию озонатора и получить малые удельные энергозатраты на единицу веса вырабатываемого озона. В разделе разработан озонирующий элемент на коронно-барьерном разряде при малых межэлектродных расстояниях, который обеспечит малогабаритность его и приводит к значительному снижению величины напряжения питания. Также разработана усовершенствованная конструкция озонатора, работающего в полузакрытом режиме и состоящего из отдельно расположенных озонирующих элементов и коронирующих электродов для создания электрического ветра.

В третьем разделе дано обоснование представления технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции в качестве нестационарного динамического многомерного многосвязного объекта управления с входами p и выходами q , для которого предложено аналитическое описание в виде системы из q разностных уравнений, линейных относительно коэффициентов. Получена адаптивная прогнозирующая модель ТП озонирования, а также условия идентифицируемости объекта управления, с учетом которого синтезирован алгоритм идентификации. Составлен алгоритм синтеза адаптивной прогнозирующей модели управления ТП озонирования. Произведен синтез оптимального регулятора адаптивной систем управления ТП озонирования. Разработана система автоматического регулирования (САР) концентрации озона в рабочем помещении. Составлен алгоритм и программа управления МК для основного режима работы БАРЧ на основе результатов моделирования. На основе полученных данных, разработана автоматизированная установка озонирования для дезинфекции и санации атмосферного воздуха в производственных помещениях.

В четвертом разделе Проведены экспериментальные исследования автоматизированной установки озонирования воздуха. Экспериментальным путем определены производительности, и удельный энергетический выход озона. Выполнена оценка структуры и параметров адаптивной прогнозирующей модели ТП озонирования при использовании активной идентификации. Произведена оценка адекватности адаптивной прогнозирующей модели и нестационарного динамического технологического процесса озонирования. По предложенной технологической схеме озонирования проведены опытные испытания в производственных условиях.