

## **ОТЗЫВ**

**рецензента на диссертационную работу Тойгожиновой Айнур Жумакановны на тему «Исследование и разработка автоматизированной установки озонирования воздуха», представленную на соискание степени доктора PhD по специальности 6D070200 – Автоматизация и управление**

**1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами (запросами практики и развития науки и техники)**

Озонированный воздух с успехом применяется как средство для стерилизации, обеспечения сохранности пищевых продуктов и для устранения запаха (дезодорация) в холодильниках и овощехранилищах. Актуальность данных исследований и ее темы связано с тем, что рассматриваемый процесс является практически неавтоматизированным и, являясь инновационным, позволяет решать общенаучные и общегосударственные программные задачи Стратегии «Казахстан-2050». При автоматизации процесса озонирования особое 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. Исходя из этого, требуется разработка математических моделей и алгоритмов управления для автоматизации процесса озонирования. Разработка высокоэффективных озонных технологий и озонирующих устройств имеет большое значение с учетом требований, предъявляемых пищевой промышленностью.

**2. Научные результаты в рамках требований к диссертациям (пп. 1-3 п. 5 Правил присуждения ученых степеней и паспортов соответствующих специальностей научных работников)**

Цель диссертационной работы, сформулированная автором – исследовать и разработать автоматизированную установку с мониторингом и оперативным управлением озонированием воздуха для повышения сроков хранения сельскохозяйственной продукции в закрытых помещениях на основе усовершенствованной конструкции озонатора.

Результатом диссертации являются: усовершенствованную конструкцию озонатора с автоматической регулируемой частотой, адаптивные прогнозирующие модели технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции, полученные условия идентифицируемости объекта управления для синтеза алгоритма идентификации и функциональные схемы системы управления автоматизированной установкой с мониторингом и оперативным управлением процессами озонирования воздуха при хранении сельскохозяйственной продукции в закрытом объеме. Реализуемость и

работоспособность математически доказана и подтверждена результатами моделирования.

Поставленные в работе задачи соискателем были успешно решены. Диссертация состоит из введения, четырех разделов, заключения, списка использованных источников. В конце каждого раздела описаны научно значимые, логично аргументированные выводы.

**Во введении** автором на основе глубокого анализа показана актуальность диссертационной работы, сформулированы цель и основные задачи работы, научная новизна и основные научные положения, выносимые на защиту. Также показана практическая значимость результатов исследований и приведены достоверность и обоснованность научных положений, рекомендаций и выводов, приведены результаты работы, ее апробация, показывающие их соответствие требованиям комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК.

**В первом разделе** диссертантом изложены основные принципы взаимодействия озона с микроорганизмами и процессов бактерицидной обработки поверхностной микрофлоры, а также на основе сравнительного анализа с альтернативными методами показана более высокая эффективность озонной обработки. Автором выявлено, что в настоящее время нет промышленных озонаторов, используемых для озонирования закрытых производственных помещений с возможностью автоматического регулирования концентрации озона. В разделе соискатель обозначил основные проблемы, связанные с конструкциями озонаторов и подходами к автоматизации озонирования в закрытых производственных помещениях.

**Во втором разделе** диссертации показан процесс решения системы дифференциальных уравнений для коронного разряда с целью моделирования процессов в зоне разряда, позволивший определить долю диффузионной составляющей тока коронного разряда. В рамках данного раздела была разработана усовершенствованная конструкция озонатора, работающего в полужакрытом режиме в которой применяется свойство электрического ветра, возникающего в условиях коронного разряда. Данное инновационное решение, защищённое авторскими свидетельствами с участием Тойгажиновой А.Ж., позволило упростить конструкцию озонатора и снизить удельные энергозатраты на единицу веса вырабатываемого озона.

**В третьем разделе** диссертации рассмотрен процесс получения адаптивной прогнозирующей модели ТП озонирования, а также условия идентифицируемости объекта управления. В результате синтезирован алгоритм идентификации в виде алгоритма синтеза адаптивной прогнозирующей модели управления ТП озонирования. В данном разделе также автором произведен синтез оптимального регулятора адаптивной систем управления ТП озонирования. Далее разработана система автоматического регулирования (САР) концентрации озона в рабочем помещении. Полученным результатом является разработанная автоматизированная установка озонирования для дезинфекции и санации атмосферного воздуха в производственном помещении - овощехранилище.

**В четвертом разделе** соискателем приведены результаты экспериментальных исследований усовершенствованной автоматизированной установки озонирования воздуха. Экспериментальным путем определены производительность установки и удельный энергетический выход озона. Построена структура и оценка параметров адаптивной прогнозирующей модели ТП озонирования при использовании активной идентификации. Опытные испытания по предложенной технологической схеме озонирования проведены в производственных условиях, что подтверждено соответствующим актом. Результаты моделирования подтверждают полученные автором теоретические решения поставленных в диссертации проблем.

**В заключении** диссертации перечисляются полученные в ходе исследования теоретические и практические результаты.

**В приложение** диссертации вынесены полученные соискателем акты научно – экспериментальных, производственных испытаний в Люблинском политехническом университете, овощехранилище продовольственного рынка «Арзан» (г. Кызылорда), компании «Herbapol» (г. Люблин, Польша). Также в приложении приведены предпатенты и инновационные патенты, полученные докторантом.

Автором четко сформулированы цели и задачи, определены пути и способы их достижения. Приведенные примеры по решению прикладных задач подтверждают новизну, научную и практическую значимость диссертационной работы.

Научные результаты, полученные в диссертационной работе Тойгожиновой А.Ж., соответствуют требованиям специальности 6D070200 – Автоматизация и управление, а также пп. 1-3 п. 5 «Правил присуждения ученых степеней».

### **3. Степень обоснованности и достоверности каждого результата (научного положения), вывода и заключений соискателя, сформулированных в диссертации**

В диссертации полученные новые результаты соискателя сопровождаются описанием и доказательством не известных ранее выводов, а также охранными документами на интеллектуальную собственность.

**Первый результат:** предложенная 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, позволившая упростить конструкцию озонатора и получить малые удельные энергозатраты на единицу веса вырабатываемого озона.

**Второй результат:** разработанный озонатор на коронно-барьерном разряде, работающий при высоковольтном импульсном питании с автоматической регулируемой частотой. Достоверность данного результата подтверждает созданным на принципах адаптивного управления устройством

на основе микроконтроллера для автоматического контроля и регулирования концентрации озона в закрытом объеме.

**Третий результат:** разработанная математическая модель технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции в виде системы из  $q$  разностных уравнений, линейных относительно коэффициентов, позволившая получить адаптивные прогнозирующие модели рассматриваемого процесса озонирования.

**Четвертый результат:** предложенная в виде алгоритма методика получения адаптивных прогнозирующих моделей технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции для синтеза алгоритма идентификации и адаптивной системы управления ТП озонирования. Достоверность полученного результата подтверждается устойчивостью оценки адаптивной системы с идентификатором, проведенной с использованием алгебраического критерия устойчивости Шур-Кона.

**Пятый результат:** разработанный комплекс алгоритмов управления, обеспечивающий оптимальные режимы обработки озонем двух видов сельскохозяйственной продукции, адекватность которых проверена средствами имитационного моделирования.

#### **4. Степень новизны каждого научного результата (положения) и вывода соискателя, сформулированных в диссертации**

В диссертационной работе представлены следующие новые научные результаты:

- предложена 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;

- обосновано представление технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции в качестве нестационарного динамического многомерного многосвязного объекта, для которого впервые предложено аналитическое описание в виде системы из  $q$  разностных уравнений, линейных относительно коэффициентов;

- впервые предложена методика получения адаптивных прогнозирующих моделей технологического процесса озонирования при хранении сельскохозяйственной продукции для синтеза алгоритма идентификации и адаптивной системы управления ТП озонирования;

- осуществлен синтез системы управления автоматизированной установки с мониторингом и оперативным управлением процессами озонирования воздуха при хранении сельскохозяйственной продукции в закрытом объеме.

#### **5. Оценка внутреннего единства полученных результатов**

Диссертационное исследование является логически завершенным научным трудом, в котором четко сформулированы цель и задачи, решенные последовательно в каждом разделе работы. Все результаты, выводы и заключения внутренне взаимосвязаны, каждое следующее положение

вытекает из предыдущего с соблюдением принципа от общего к частному. Диссертация обладает внутренним единством, имеет логическую научную связность.

#### **6. Направленность полученных соискателем результатов на решение соответствующей актуальной проблемы, теоретической и прикладной задачи**

В исследованиях, проведенных соискателем, есть высокая степень научной новизны и практической значимости. Научные результаты диссертационной работы внедрены в процесс хранения и подготовки продукции компании «Herbarol» г. Люблин (Польша). Практическая ценность диссертационной работы подтверждается имеющимися актами производственных испытаний в овощехранилище продовольственного рынка «Арзан», г. Кызылорда.

#### **7. Подтверждение достаточной полноты публикаций основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации**

По основным результатам выполненных исследований и разработок подготовлены и опубликованы более 25 научных работ, в том числе 1 книга, 2 предпатента и 2 инновационных патента, 10 статей опубликованы в изданиях, входящих в международную базу данных по цитируемости Scopus, 5 работ опубликованы в изданиях, рекомендованных комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 4 статьи опубликованы в материалах международных конференций.

По представленным соискателем материалам, результаты проведенных исследований обсуждались на семинаре института электроники и информационных технологий Люблинского технического университета (г. Люблин, Польша) в рамках научно-исследовательской стажировки по программе докторантуры, а также на заседаниях кафедры «Автоматизация и управление» КазННТУ им. К.И.Сатпаева.

#### **8. Недостатки по содержанию и оформлению диссертации**

Замечания к диссертационной работе включают следующее:

1. В диссертационной работе в анализе, проведенном в главе 1, недостаточно освещены труды отечественных исследователей в области адаптивного управления.

2. Проведенное в разделе 4 имитационное моделирование процесса озонирования описано слишком кратко.

3. Стиль изложения диссертации не совсем четкий, из-за чего возрос объем диссертации. Можно было бы уменьшить на страниц 20-30 без потери смысла.

4. Встречаются отдельные грамматические ошибки (стр. 23, первая строка абзаца после подрисуночной надписи, стр. 30 последний абзац и др.).

Однако, отмеченные недостатки не снижают высокого качества исследования, не влияют на полученные в диссертации теоретические и практические результаты и носят рекомендательный характер.

**9. Соответствие диссертации требованиям пункта 5 Правил присуждения ученых степеней**

В целом, я считаю, что диссертационная работа Тойгожиновой Айнуур Жумакановны на тему: «Исследование и разработка автоматизированной установки озонирования воздуха» соответствует требованиям Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения степени доктора PhD по специальности «6D070200 – Автоматизация и управление».

**Рецензент, доктор технических наук,  
профессор кафедры Программной и  
компьютерной инженерии  
Университета «Туран»**



**Утепбергенов И.Т.**

**Подпись Утепбергенова И.Т. заверяю**

