

## 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. 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.

Несмотря на широкое распространение озонирования воздуха этот процесс является практически неавтоматизированным. 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. Исходя из этого, разработка математических моделей и алгоритмов управления, учитывающих особенности процесса озонирования и исследование этих процессов является актуальной задачей.

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

Рецензируемая диссертационная работа состоит из введения и четырех разделов, заключения, списка используемой литературы и приложений.

**Во введении** автором показана актуальность диссертационной работы, обоснованы и сформулированы цель, идея и основные задачи работы, научная новизна, показана практическая значимость исследований, сформулированы основные научные положения, выносимые на защиту. Здесь же приведены достоверность и обоснованность научных положений, рекомендаций и выводов, приведены результаты работы, ее апробация.

**В первом разделе** диссертантом рассмотрены основные принципы взаимодействия озона с микроорганизмами и процессов бактерицидной обработки поверхностной микрофлоры, а также проведено сравнение по эффективности озонной обработки с другими методами



электроантисептирования объектов обработки. Выявлено, что в настоящее время нет промышленных озонаторов, используемых для озонирования закрытых производственных помещений с возможностью автоматического регулирования концентрации озона. Так же соискатель обозначил проблемы, и наметил пути их решения.

**Во втором разделе** диссертации решена система дифференциальных уравнений для коронного разряда с целью моделирования процессов в зоне разряда и определения доли диффузионной составляющей тока коронного разряда. Также разработана усовершенствованная конструкция озонатора, работающего в полужакрытом режиме в которой применяется свойство электрического ветра, возникающего в условиях коронного разряда, что позволило упростить конструкцию озонатора и получить малые удельные энергозатраты на единицу веса вырабатываемого озона.

**В третьем разделе** диссертации рассматриваются вопросы получения адаптивной прогнозирующей модели 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. На основе полученных данных, разработана автоматизированная установка озонирования для дезинфекции и санации атмосферного воздуха в производственных помещениях.

**В четвертом разделе** соискателем 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. По предложенной технологической схеме озонирования проведены опытные испытания в производственных условиях. Полученные результаты моделирования представляют собой инструмент для решения поставленных в диссертации проблем.

**В заключении** диссертации приведены основные научные выводы, перечислены полученные в работе практические результаты.

**В приложение** отнесены акты научно – экспериментальных, производственных испытаний в Люблинском политехническом университете, с целью определения производительности и удельного энергетического выхода озона и в овощехранилище продовольственного рынка «Арзан», г.Кызылорда. Научные результаты диссертационной работы внедрены в процесс хранения и подготовки продукции 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 изложены современные проблемы, связанные с управлением озонированием воздуха при обработке в производственных помещениях. Сформулированные в диссертации научные положения получены посредством экспериментальных исследований, математического моделирования технологического процесса озонирования, математического моделирования алгоритмов процесса. Получена адаптивная прогнозирующая модель ТП озонирования, произведен синтез оптимального регулятора адаптивной систем управления.

Диссертантом проведена большая работа по исследованию автоматизированных систем управления процессом озонирования воздуха. Защищаемые в диссертационной работе Тойгожиновой А.Ж. научные положения и сформулированные выводы достаточно обоснованы проведенными экспериментами и исследованиями, а также использованием современных достаточно точных методов управления и контроля. Достоверность и эффективность предложенных мероприятий подтверждена актом внедрения.

Диссертационная работа представляет собой целенаправленное законченное исследование, выполненное на сложном объекте, имеющее практическую ценность и содержащее новые результаты, достоверность которых не вызывает сомнений.

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

Научной новизной предлагаемого исследования является разработка автоматизированной установки озонирования воздуха в пищевой промышленности. Все научные положения, выводы и заключения, выносимые на защиту являются новыми. В диссертационной работе впервые получены следующие результаты:

- разработана 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 представления 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;

– выполнен 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.

Все это свидетельствует о том, что Тойгожинова А.Ж. выполнила данную диссертационную работу на высоком научном уровне.

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

Диссертационная работа обладает внутренним единством, в соответствии с требованиями, предъявляемыми к диссертациям, обусловленным общей целенаправленностью работы на достижение цели, логической взаимосвязью теоретических положений и практических результатов. Полученные результаты отвечают поставленным задачам исследований и раскрывают название диссертации. В заключении имеется отчетливое обобщение полученных научных и практических результатов. Диссертация написана единолично, содержит совокупность новых научных результатов в области автоматизации управления, имеет внутреннее единство и свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

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

Результаты диссертационной работы направлены на решение актуальной задачи, связанной с автоматическим управлением концентрацией озона в закрытом помещений. Имеется акт производственного испытания в овощехранилище продовольственного рынка «Арзан», г.Кызылорда.

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

### **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.

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» КазНИТУ им. К.И.Сатпаева.

### 8. Недостатки по содержанию и оформлению диссертации

1. Было бы правильно сформулировать задачу 5 (стр. 8) «Исследовать на адекватность систему управления автоматизированной установки с мониторингом и оперативным управлением процессами озонирования воздуха при хранении сельскохозяйственной продукции в закрытом объеме».

2. В разделе 1.1 слишком много внимания уделено вопросам дезинфекции и санации озонирования воздуха для дезинфекции рабочей атмосферы в производственных помещениях. Было бы правильнее объединить пункты 1.1 и 1.2.

3. Также слишком большой раздел 2.1, автор часто увлекается излишней детализацией мелких деталей и подробностей рассматриваемых процессов.

Впрочем, отмеченные недостатки не снижают высокого качества исследования, они не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации, описанные выше.

Результаты довольно оригинальны, обладают научной новизной и практически значимы, демонстрируют вклад автора в области теории управления. Это характеризует соискателя как вполне сложившегося исследователя, умеющего самостоятельно ставить и решать сложные задачи.

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

Диссертационная работа Тойгожиновой Айнур Жумакановны на тему: «Исследование и разработка автоматизированной установки озонирования воздуха», представленная на соискание степени доктора PhD по специальности 6D070200 – Автоматизация и управление, соответствует требованиям п. 5 «Правил присуждения ученых степеней», так как содержит новые научно обоснованные результаты, использование которых обеспечивает решение важной прикладной проблемы.

В целом работа отвечает требованиям Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор – Тойгожинова Айнур Жумакановна заслуживает присуждения – степени доктора PhD по специальности 6D070200 – Автоматизация и управление.

Рецензент,  
доктор технических наук,  
профессор кафедры «Автоматическая  
электросвязь» Алматинского  
университета энергетики и связи

Подпись Якубовой М.З. заверяю



Якубова М.З.