

Председателю диссертационного совета
35.2.019.03 на базе
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ
проф. С. В. Оськину

Сведения об официальном оппоненте

по диссертационной работе Шишигина Игоря Николаевича на тему «Параметры и режимы охладителя воздуха на основе элементов Пельтье для озонаторов в пчеловодстве», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Фамилия, Имя, Отчество	Бышов Дмитрий Николаевич
Ученая степень	Кандидат технических наук, 05.20.01 – Технологии исредства механизации сельского хозяйства
Наименование диссертации	Усовершенствованный технологический процесс и орган выносной сепарации картофелеуборочных машин
Ученое звание	Доцент
Полное наименование организации в соответствии с уставом на момент представления отзыва	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева»
Наименование подразделения	Кафедра эксплуатации машинно-тракторного парка
Должность	Доцент
Адрес организации места работы	390044 г Рязань ул Костычева д 1
Телефон и официальный сайт организации места работы	84912350084 http: //www.rgatu.ru/
Основные публикации официального оппонента, затрагивающие сферу диссертационного исследования соискателя	

1. Бышов, Д.Н. К вопросу исследования кпд элементов Пельтье/ Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Гобелев С.Н., Бочков П.Э., Павлов В.В.//Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2020. № 1 (45). С. 76-80.

2. Бышов, Д.Н. Исследование теплофизических свойств пчелиных сотов/Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Успенский И.А., Морозов С.С., Чухланов В.Ю.//Вестник КрасГАУ. 2019. № 4 (145). С. 146-153.

3. Бышов, Д.Н. Математическое моделирование процесса вакуумной инфракрасной сушки перговых сотов/Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Успенский И.А., Юхин И.А., Морозов С.С.//Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2019. № 4 (44). С. 82-87.

4. Бышов, Д.Н. К вопросу исследования теплофизических свойств перговых сотов/Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Морозов С.С., Цымбал А.А., Чухланов В.Ю.//Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2019. № 2 (42). С. 87-91.

5. Бышов, Д.Н., Каширин, Д.Е., Морозов, С.С. Экспериментальное определение теплофизических свойств перговых сотов/Бышов Д.Н., Каширин Д.Е., Морозов С.С.//В сборнике: тенденции инженерно-технологического развития агропромышленного комплекса//Материалы Национальной научно-практической конференции. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации; Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева», Совет молодых учёных ФГБОУ ВО РГАТУ. 2019. С. 133-135.

6. Бышов, Д.Н., Юдаев, Ю.А. Моделирование процесса технологического охлаждения сельскохозяйственной продукции/Юдаев Ю.А., Бышов Д.Н.//В сборнике: Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса. Материалы Национальной научно-практической конференции. Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева . 2019. С. 277-282.

7. Бышов, Д.Н., Юдаев, Ю.А. Метод уменьшения энергозатрат в агропромышленном комплексе/Юдаев Ю.А., Бышов, Д.Н.//В сборнике: приоритетные направления научно-технологического развития агропромышленного комплекса России. Материалы Национальной научно-практической конференции. 2019. С. 503-507.

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры
эксплуатации машинно-тракторного парка Федерального
государственного бюджетного образовательного
учреждения «Рязанский государственный
агротехнологический университет им. П.А. Костычева»
«20» 04 2023 г.



Д. Н. Бышов

ОТЗЫВ

официального оппонента кандидата технических наук, доцента Д.Н. Бышова на диссертационную работу Шишигина Игоря Николаевича «Параметры и режимы охладителя воздуха на основе элементов Пельтье для озонаторов в пчеловодстве» представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса в диссертационный совет 35.2.019.03 на базе ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

Актуальность темы

Внедрение озонаторов пластинчатого типа в сельском хозяйстве осложнено ввиду их низкой надежности связанной с высоким нагревом во время работы. Поэтому актуальность представленной диссертантом работы не вызывает сомнений, так как направлена на снижение нагрева разрядного устройства озонирующей установки. Помимо этого при работе охладителя снижается температура озоноздушного смеси подаваемой в улей, что облегчает жизнедеятельность пчел, снимает с них дополнительную нагрузку по вентиляции своего жилища во время озонирования.

В работе автором также учтены энергоэффективные варианты работы разработанного им охладителя в случаи ограниченного электроснабжения. Что актуально для пасек находящихся на удалении от традиционных источников питания.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Автором произведен широкий литературный анализ статей и патентов по теме исследования. Список использованной литературы состоит из 101 наименования. Изучен опыт современных разработок в области озонирования пчелиных ульев, учтены известные достижения и теоретические положения ученых в этой области знаний.

Теоретические положения работы базируются на законах теплотехники, методах математического и компьютерного моделирования. Стоит отметить использование автором современного программного продукта Comsol Multiphysics для компьютерного моделирования термоэлектрических процессов в установке методом конечных элементов. Результаты, полученные с помощью данного ПО позволили теоретически обосновать параметры и режимы работы рассматриваемого охладителя. Экспериментальное подтверждение полученных теоретических выводов обосновано методами статистического анализа.

Внедрение в практику результатов исследований в ООО «Предприятие по пчеловодству «Краснодарское» и в учебный процесс Кубанского ГАУ убеждают в высокой степени обоснованности научных рекомендаций данных

автором.

Оценка новизны и достоверности

В качестве полученных научных результатов автором выдвинуты:

- математическая модель термоэлектрических процессов в охладителе воздуха для электроозонатора;
- зависимости температуры воздуха и концентрации озона на выходе из установки озонирования от ее режимов работы;
- обоснованные параметры и режимы работы охладителя воздуха для электроозонатора.

Полученные автором результаты не вызывают сомнений и в такой постановке получены впервые. Достоверность теоретических результатов обоснована экспериментальной проверкой, а также согласуется с исследованиями других ученых.

Апробация работы и публикации по теме исследования

Основное содержание диссертации отражено в 9 печатных работах, в том числе в 5 статьях в журналах, рекомендованных ВАК и в 2 статьях в изданиях, индексируемых в международной базе данных Scopus. Они неоднократно обсуждались на различных конференциях, в том числе международных и получили одобрение ведущих специалистов данной области.

Структура и объем работы

Диссертация включает введение, три главы, заключение, список литературы и приложения. Общий объем диссертации 117 страниц. По стилю изложения и четкости формулировок удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулированы цели, задачи и предмет исследований, новизна научных результатов, практическая значимость, приведены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ электротехнологического оборудования для профилактики и лечения болезней пчел» приведен обзор существующих способов немедикаментозного лечения бактериальных заболеваний пчел, как наиболее перспективных по сравнению с традиционным способом, предполагающим использование антибиотиков. Определено, что наиболее эффективным из них является озонирование. Но высокий нагрев разрядного устройства озонаторов мешает внедрению данного экологического способа лечения пчел. Выдвинута научная гипотеза.

Во второй главе «Математическое и компьютерное моделирование термоэлектрических процессов в охладителе на базе элементов Пельтье» проведено обоснование конструктивно-технологической схемы озонирования ульев, а также конструкции охладителя воздуха. Разработана его

геометрическая модель и проведено математическое описание термоэлектрических процессов в нем. Проведено компьютерное моделирование охладителя воздуха на базе элементов Пельтье с помощью ПО Comsol Multiphysics. В результате анализа полученных результатов теоретически определены параметры и режимы работы рассматриваемой установки.

В третьей главе «Методика и результаты экспериментальных исследований охладителя на базе элементов Пельтье» описана методика проведения экспериментальных исследований, показаны фотографии экспериментальной установки, приведены полученные результаты и их статистическая обработка. Приведен расчет технико-экономической эффективности от внедрения озонирующей установки с охладителем воздуха в пчеловодстве.

В заключении приведены основные выводы по проведённому исследованию, даны рекомендации производству и раскрыты перспективы дальнейших исследований по теме.

В заключение сделано 8 выводов.

Первый вывод соответствует первой поставленной задаче об обосновании конструктивно-технологической схемы озонирующей установки с определением необходимой холодопроизводительности охладителя.

Второй вывод достоверен, в нём представлены результаты разработки конструкции охладителя, даны ее параметры.

Третий вывод соответствует одному из выдвинутых пунктов научной новизны работы, так как в нем содержится информация о математической модели термоэлектрических процессов в охладителе в новой геометрической постановке разработанной автором.

Четвертый вывод обладает научной новизной и в нем представлены теоретические исследования о влиянии производительности компрессора на температуру воздуха на выходе из охладителя.

Пятый вывод достоверен, в нем указаны рациональные режимы работы охладителя в зависимости от схемы соединения термоэлектрических модулей полученные на основании теоретических исследований.

Шестой вывод содержит положительные результаты экспериментальной проверки достоверности теоретических данных.

Седьмой вывод достоверен, в нем окончательно обоснованы режимы работы охладителя по результатам теоретических и экспериментальных исследований.

Восьмой вывод имеет практическую направленность и содержит результаты расчета экономической эффективности от внедрения озонирующей установки с охладителем воздуха в пчеловодстве.

Замечания по диссертационной работе

1. В работе автором недостаточно обоснована конструкция охладителя.

Гораздо эффективнее могло быть охлаждение воздуха в случае дополнительной установки кулеров с внешней стороны «холодных» радиаторов.

2. В диссертации не уделено внимание длине трубок связывающих охладитель и озонатор.

3. В работе автором не обоснованы размеры «горячего» и «холодных» радиаторов, а также максимальная производительность вентилятора принятая равной $36 \text{ м}^3/\text{ч}$.

4. На стр. 23 диссертации автор приводит сведения о том, что на производительность озонатора помимо температуры существенно влияет и влажность воздуха. При этом в экспериментальных исследованиях не оценивалась влажность воздуха подводимого к электроозонатору через охладитель.

5. На стр. 59 диссертации приводятся рассматриваемые автором варианты соединения термоэлектрических модулей. При этом не учитывается вариант их параллельного соединения, что, по всей видимости, согласно представленным результатам, могло бы дать наибольшую холодопроизводительность.

6. На фотографии охладителя представленной на рис. 3.2 диссертации «горячий» радиатор сверху покрыт теплоизоляционным материалом, а при компьютерном моделировании он не учитывался, что могло повлиять на полученные результаты.

7. Автором не указано на основании, каких данных он принял диапазон вариативности медосбора в пределах 20% при расчете технико-экономической эффективности.

Отмеченные замечания и недостатки снижают качество оформления проведённого диссертационного исследования, но они существенно не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

Заключение

Представленная диссертация Шишигина Игоря Николаевича «Параметры и режимы охладителя воздуха на основе элементов Пельтье для озонаторов в пчеловодстве» является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой, содержащей достоверные и научные результаты, позволяющие их квалифицировать как обоснованные технические разработки в области электротехнологии и электрооборудования в сельском хозяйстве.

Автореферат отражает содержание и основные положения диссертации.

Диссертация соответствует требованиям к научно-квалификационной работе, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, в соответствии с п.9-11, 13 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней» а её автор, Шишигин Игорь Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени

кандидата технических наук по специальности 4.3.2. Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент:
кандидат технических наук,
доцент
«05» 06 2023 г.



Бышов Дмитрий Николаевич

Ф.И.О лица, предоставившего отзыв	Бышов Дмитрий Николаевич
Ученая степень	Кандидат технических наук
Ученое звание	Доцент
Специальность, по которой защищена диссертация	05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства
Место работы	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, инженерный факультет, кафедра эксплуатации машинно-тракторного парка
Адрес	390044, Рязанская область, город Рязань, ул. Костычева, 1
Телефон	89109024151
E-mail	dmitry.byshov@yandex.ru

Подпись, должность, ученую степень и звание Бышова Д.Н. удостоверяю:

Подпись Д.Н. Бышова заверяю
Имя Е.В. Сивадина
«05» 06 2023 г.



Председателю диссертационного совета
35.2.019.03 на базе
ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ
проф. С. В. Оськину

Сведения об официальном оппоненте

по диссертационной работе Шишигина Игоря Николаевича на тему «Параметры и режимы охладителя воздуха на основе элементов Пельтье для озонаторов в пчеловодстве», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Фамилия, Имя, Отчество	Сторчевой Владимир Федорович
Ученая степень	Доктор технических наук, 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве
Наименование диссертации	Параметры и режимы охладителя воздуха на основе элементов Пельтье для озонаторов в пчеловодстве.
Ученое звание	Профессор
Полное наименование организации в соответствии с уставом на момент представления отзыва	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»
Наименование подразделения	Кафедра автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина
Должность	Заведующий
Адрес организации места работы	127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49
Телефон и официальный сайт организации места работы	+7 (499) 976-04-80 https://www.timacad.ru/about/contacts

<p>Основные публикации официального оппонента, затрагивающие сферу диссертационного исследования соискателя</p>
<p>1. Сторчевой, В.Ф. Сверхвысокочастотная хмелесушилка с поярусно расположенными резонаторами /Просвирякова М.В., Горячева Н.Г., Михайлова О.В., Новикова Г.В., Сторчевой А.В. Инженерные технологии и системы. 2023. Т. 33. № 1. С. 114-127.</p>
<p>2. Сторчевой, В.Ф. Определение основных параметров и режимов работы комбинированного облучателя-озонатора воздуха в животноводческих помещениях/Овсянникова Е.А., Сторчевой В.Ф., Кабдин Н.Е., Запфирова Л.В.//Агротехника и энергообеспечение. 2021. № 4 (33). С. 22-29.</p>
<p>3. Сторчевой, В.Ф. Параметры работы озонатора в животноводческих помещениях/Сторчевой В.Ф., Сучугов С.В.//В сборнике: вестник Международной общественной академии экологической безопасности и природопользования (МОАЭБП). Москва, 2020. С. 105-116.</p>
<p>4. Сторчевой, В.Ф. Параметры и режимы работы ионизатора для животноводческих ферм/Сторчевой В.Ф., Кабдин Н.Е.//В сборнике: Доклады ТСХА. 2020. С. 127-131.</p>
<p>5. Сторчевой, В.Ф. Обработка питьевого молока озоном/Сторчевой В.Ф., Компаниец А.Е.//В сборнике: Доклады ТСХА. 2020. С. 131-134.</p>
<p>6. Сторчевой, В.Ф. Исследование параметров и режимов работы озонатора-ионизатора для молочных ферм/Сторчевой В.Ф., Кабдин Н.Е., Компаниец А.Е.//Агроинженерия. 2020. № 3 (97). С. 50-54.</p>
<p>7. Сторчевой, В.Ф. Исследование параметров и режимов работы озонатора при термической обработке молока/Компаниец А.Е., Сторчевой В.Ф.//В сборнике: Материалы международной научной конференции молодых учёных и специалистов, посвящённой 160-летию В.А. Михельсона. 2020. С. 299-303.</p>
<p>8. Сторчевой, В.Ф. Применение озонатора-ионизатора на молочных фермах/Сторчевой В.Ф., Компаниец А.Е.//В сборнике: Доклады ТСХА. 2019. С. 294-296..</p>
<p>9. Сторчевой, В.Ф. Создание озонно-ионной воздушной среды в закрытых помещениях для содержания животных и птицы/Сторчевой В.Ф., Сучугов С.В., Компаниец А.Е.//Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2019. № 3 (91). С. 35-39.</p>

Доктор технических наук, профессор заведующий кафедрой автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»,
«20» 04 2023 г.

В. Ф. Сторчевой

ПОДПИСЬ
ЗАБЕРЯЮ
ПРОРЕКТОР

ПО КАДРОВЫМ ВОПРОСАМ В
ИМУЩЕСТВЕННОМУ КОМПЛЕКСУ



И. О. СТЕПАНЕЛЬ

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Сторчевого Владимира Федоровича на диссертационную работу Шишигина Игоря Николаевича «Параметры и режимы охладителя воздуха на основе элементов Пельтье для озонаторов в пчеловодстве», представленную к защите в диссертационный совет 35.2.019.03 при ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса

Актуальность темы диссертационной работы

Актуальность избранной соискателем темы, связанной с внедрением электротехнологий в пчеловодство, несомненно высокая. Применяемые в основном химические препараты для лечения и профилактики пчел становятся опасными не только для пчел, но и для пчеловодов. Кроме того, имеется реальная опасность попаданию этих веществ в продукты пчеловодства. Многими публикациями доказана эффективность применения электроозонаторов для борьбы с болезнями пчел, а также для весеннего развития пчелиных семей. Однако при использовании этой технологии, отмечается еще одна проблема — это подача в улей озоновоздушной смеси с повышенной температурой. При этом пчелы вынуждены увеличивать воздухообмен в улье и отвлекаться от медосбора. Известно, что высокие температуры воздуха подаваемого в электроозонатор также ведут еще и к снижению производительности и надежности этой установки. Таким образом, становится актуальным разработка простого в эксплуатации охладителя для снижения температуры воздуха подаваемого в электроозонатор. Работа выполнена по плану НИР Кубанского ГАУ ГР № 121031700099 (2021–2025 г.). Тема согласуется с результатами выездного заседания Комитета Госдумы на тему законодательного регулирования пчеловодства в РФ. Отмечалось, что права и обязанности пчеловода как собственника пчел и субъекта производственной деятельности, требования к размещению и содержанию пасек, особенности государственного контроля в области пчеловодства – все эти вопросы должны быть урегулированы специальным законом.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Автор корректно и удачно использует новые научные методы обоснования полученных результатов, выводов и рекомендаций. Качественно изучены и критически проанализированы известные достижения и теоретические положения других ученых, о чем свидетельствует достаточный по количеству список использованной литературы.

Методы исследования базируются на теории математического и компьютерного моделирования методом конечных элементов, законах тепломассообме-

на и электротехники, статистического анализа. Компьютерное моделирование выполнено с использованием современного программного обеспечения Comsol Multiphysics, что дало высокую точность результатов и их качественный анализ.

Внедрение результатов исследований в ООО «Предприятие по пчеловодству «Краснодарское» и в учебный процесс Кубанского ГАУ подтверждают высокую степень обоснованности научных рекомендаций соискателя.

Оценка новизны и достоверности

В качестве научной новизны автором выдвинуты следующие положения:

- математическая модель термоэлектрических процессов в охладителе воздуха для электроозонатора;
- зависимости температуры воздуха и концентрации озона на выходе из установки озонирования от ее режимов работы;
- обоснованные параметры и режимы работы охладителя воздуха для электроозонатора.

Все пункты новизны являются действительно новыми, ранее не приводимыми в научной литературе по данному направлению исследований. Их достоверность подтверждается качественно проведенными экспериментальными исследованиями и соответствующей обработкой полученных результатов.

Апробация работы и публикации по теме исследования

Основное содержание диссертации отражено в 9 печатных работах, в том числе 5 статей в журналах, рекомендованном ВАК, и 2 статьи в издании, индексируемом в международной базе данных Scopus. Основные положения и выводы диссертации обсуждались на различных конференциях, в том числе международных: на Международном симпозиуме по автоматизации, информации и вычислительной технике (ISAIC 2021) в секции «Системное моделирование и анализ» 03.12.2021 – 06.12.2021 (Online); на Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Потенциал и вызовы развития возобновляемой энергетики» 21-23 декабря 2022 г. (г. Невинномысск); на II Международной научно-практической конференции «Science and technology research» 2023 (г. Петрозаводск).

Структура и объем работы

Диссертация включает введение, три главы, заключение, список литературы и приложения. Общий объем диссертации 117 страниц. По стилю изложения и четкости формулировок данная работа удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней.

Во введении обоснована актуальность работы, приводятся цели, задачи и предмет исследований, новизна научных результатов, практическая значимость, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Анализ электротехнологического оборудования для профилактики и лечения болезней пчел» приведены факторы, влияющие на продуктивность пчелиных семей. Установлено, что имеется корреляционная связь между массой пчел и их продуктивностью. Следовательно необходимо применять различные способы стимулирования развития пчелиной семьи, особенно в весенний период. На развитие пчел влияет состояние микроклимата в улье и здоровье пчелиной семьи. Пчеловоды уделяют огромное влияние контролю заболеваемости отдельных ульев. Приходится применять целый комплекс химических препаратов, чтобы исключить возможность появления болезней. В последнее время все шире стали применяться немедикаментозные способы лечения и профилактики в пчеловодстве, в том числе и озонирование. Приводятся наиболее адекватные конструкции озонаторов для пчеловодов. Исследования Овсянникова Д.А., Николаенко С.А., Нормова Д.А. показали, что при работе озонаторов совместно с компрессорами увеличивается сильно температура озоноздушной смеси. В первой главе дан обзор существующих способов охлаждения воздуха и оборудования для этого осуществления, представлен анализ наиболее перспективных конструктивных решений в этой области. Обоснована перспективность применения элементов Пельтье для охлаждения воздуха, поступающего в озонатор и указаны проблемы теоретического описания и моделирования процессов в охладителе.

Замечания по первой главе:

1. На странице 22 соискатель, анализируя пластинчатые озонаторы, и их недостатки не указывает, что кроме пробоя диэлектрика из-за перегрева, также влияют и «краевые эффекты» на надежность электроозонаторов.

2. Ссылаясь на работы авторов по моделированию тепловых процессов в электроозонаторе, автор приводит рисунки 1.14 и 1.15, однако ссылка в тексте только на рис.1.15, кроме того на рис.1.14 не указан разрез озонатора и неясно где обозначены электроды.

3. На рис.1.15, не ясно, на какой именно поверхности снимались показания распределения температур?

4. Соискатель должным образом в тексте диссертации (стр.29-30) не поясняет математическую модель (1.1), на основании каких критериев она составлена?

5. На рис.1.18. представлены обозначения на номера патентов, однако в списке использованной литературы они отсутствуют.

Во второй главе «Математическое и компьютерное моделирование термоэлектрических процессов в охладителе на базе элементов Пельтье» предложена конструктивно-технологическая схема озонирования ульев с охладителем воздуха на базе готовых ТЭМ. Обоснована необходимая холодопроизводительность всего охладителя и выбраны конкретные ТЭМ с их параметрами. Разработана конструкция и геометрическая модель охладителя.

Представлены математические описания, описывающие процессы теплопередачи и термоэлектрические превращения внутри элементов Пельтье и в

самом охладителе. Определены факторы, влияющие на интенсификацию процесса охлаждения. Установлено низкое влияние производительности компрессора на температуру выходного воздуха. Проведено компьютерное моделирование математических моделей, по результатам которого обоснованы эффективные режимы работы оборудования и рациональные параметры охладителя. Моделирование показало, что за счет изменения схемы соединений ТЭМ можно получить 3 варианта потребляемой охладителем мощности: 5,5 Вт, 22 Вт и 55 Вт, при этом разница температур ΔT на входе и выходе из установки составит соответственно 16,5°C, 19,1°C и 22,7°C. Это позволяет рекомендовать для пасек с небольшим количеством пчелиных ульев и ограниченной мощностью источника тока рациональное соединение ТЭМ по варианту 1 либо 2. В случае же обработки большего числа ульев или доступа к неограниченной мощности источника электроэнергии рекомендуется соединение ТЭМ по варианту 3.ги.

Замечания по второй главе:

1. Во второй главе, рис.2.1., автор приводит конструктивно-технологическую схему озонирования ульев с охладителем воздуха, поступающего в озонатор, при этом охладитель воздуха на основе элементов Пельтье размещается на входе в электроозонатор, как же утверждение автора на стр.23, что в процессе работы озонатора происходит нагрев разрядного устройства электроозонатора?

2. В диссертации не рассмотрена подробно конструкция электроозонатора, так как его параметры также будут влиять на выходные параметры установки.

3. Рассматривая конструкции электроозонатора и способ подачи охлажденной озонно-воздушной смеси в улей, соискателю неплохо было бы подать заявку на изобретения устройства или способа.

4. На странице 49 в разделе «Компьютерное моделирование термоэлектрических процессов в охладителе на базе элементов Пельтье», соискатель при составлении задач программного обеспечения Comsol, ссылаясь на уравнение (2.3) не учитывает уравнение (2.2), определяющее горячую сторону элементов Пельтье.

В третьей главе «Методика и результаты экспериментальных исследований охладителя на базе элементов Пельтье» приведены изображения и схема экспериментальной установки для исследования работы охладителя в составе озонирующего оборудования. Соискателем изготовлен охладитель воздуха на базе элементов Пельтье с 8-ю ТЭМ типа TEC1-127060-40, имеющий следующие параметры: расход воздуха 125 л/мин; потребляемая мощность в зависимости от схемы соединения ТЭМ – 59 Вт, 24,2 Вт, 6 Вт; степень снижения температуры входного воздуха $\Delta T_y = 20-24^\circ\text{C}$.

Проведённые экспериментальные исследования по подтверждению теоретических положений процесса охлаждения воздуха подаваемого в электроозонатор показали следующее: относительная ошибка по температурным показателям не более 6,8%, адекватность модели оценена по t-критерию Стьюдента при уровне значимости $p = 0,01$ подтвердила отсутствию статистических различий между теоретическими и экспериментальными данными. Установлено, что

при работе электроозонирующей установки с охладителем выходная концентрация озона увеличивается на 9%–20%, что позволяет сократить время обработки пчелиных ульев с 30 минут до 19 минут. В результате проведенных теоретических и экспериментальных исследований рекомендованы следующие рациональные параметры электроозонирующей установки при повторно-кратковременном режиме работы: минимальное время включенного состояния охладителя 6–9 минут, время паузы от 2 до 8 минут.

Замечания по третьей главе:

1. В главе 3 «Методика и результаты экспериментальных исследований охладителя на базе элементов Пельтье» при подтверждении результатов экспериментальных и теоретических исследований не учитывались в математической модели (2.10; 2.18) и экспериментальных исследованиях, такие критерии, как влажность и концентрация отрицательных ионов, которые также влияют на образование озона и жизнедеятельность пчел.

2. При решении шестой задачи, автору, следовало бы привести развернутый вывод по этой задаче.

3. Требуется пояснения работа установки на нескольких ульях, как изменятся режимы работы и концентрация озона на последнем улье?

4. В разделе 3.4. «Технико-экономическая эффективность использования озонирующей установки с охладителем воздуха в пчеловодстве». Не указан срок окупаемости озонирующей установки с охладителем воздуха на базе элементов Пельтье в пчеловодстве.

В заключении приведены основные выводы по проведенному исследованию, даны рекомендации производству и раскрыты перспективы дальнейших исследований по теме.

Первый вывод обоснован и соответствует первой поставленной задаче по обоснованию конструктивно-технологической схемы озонирующей установки.

Второй вывод соответствует второй поставленной задаче и констатирует результат по разработке конструкции и геометрической модели охладителя воздуха на основе элементов Пельтье для ПО Comsol.

Третий вывод соответствует третьей поставленной задаче и констатирует результат по получению математической модели термоэлектрических процессов в охладителе на основе уравнения теплового баланса с учетом теплопроводности, конвекции и термоэлектрического эффекта на базе элементов Пельтье.

Четвертый вывод соответствует четвертой поставленной задаче, в нем сообщается, что после реализации модели в ПО Comsol Multiphysics установлено, что расход воздуха через охладитель в используемых диапазонах не оказывает существенного влияния на эффективность его охлаждения.

Пятый вывод обладает новизной и частично соответствует четвертой задаче исследований. Вывод приводит информацию о том, что, изменяя схему соединений 8 элементов ТЭМ можно получить наиболее рациональный режим работы охладителя. Минимальное потребление энергии (5,5 Вт) получено при

последовательном соединении всех восьми ТЭМ охладителя и последующим включением в общую питающую сеть постоянного тока. Наиболее эффективный охладитель получен при последовательном соединении всех ТЭМ: через 1 час работы разница температур между входным и выходным воздухом ΔT составила $16,5^{\circ}\text{C}$.

Шестой вывод соответствует пятой задаче и констатирует результаты экспериментальных исследований, также дает анализ их сходимости с данными, полученными теоретически. Экспериментальные исследования по подтверждению теоретических положений процесса охлаждения воздуха подаваемого в электроозонатор показали следующее: относительная ошибка по температурным показателям не более 6,8%, адекватность модели оценена по t -критерию Стьюдента при уровне значимости $p = 0,01$ подтвердила отсутствие статистических различий между теоретическими и экспериментальными данными. Этот вывод приводит также решение и шестой задачи - при работе электроозонирующей установки с охладителем выходная концентрация озона увеличивается на 9% – 20% по сравнению с отключенным охладителем, что позволяет сократить время обработки пчелиных ульев с 30 минут до 19 минут.

Седьмой вывод соответствует четвертой поставленной задаче имеет практическую направленность и рекомендации: установка может работать в постоянном и повторно-кратковременном режимах. Постоянный режим с минимальной и средней мощностью можно рекомендовать для пасек с небольшим количеством пчелиных ульев и ограниченной мощностью источника тока, содержит результаты расчета экономической эффективности от внедрения модернизированной сушильной установки.

Восьмой вывод соответствует седьмой задаче и приведены данные по экономической эффективности внедрения озонирующей установки с охладителем для пасеки с конкретным количеством ульев.

Замечания по диссертационной работе

Отмеченные замечания и недостатки несколько снижают качество проведённого диссертационного исследования, но они существенно не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертации.

Заключение

Представленная диссертация Шишигина Игоря Николаевича «Параметры и режимы охладителя воздуха на основе элементов Пельтье для озонаторов в пчеловодстве» является законченной самостоятельной научно-квалификационной работой, содержащей достоверные и научные результаты, позволяющие их квалифицировать как обоснованные технические разработки в области электротехнологии и электрооборудования в сельском хозяйстве.

Автореферат отражает содержание и основные положения диссертации. Диссертация соответствует требованиям к научно-квалификационной ра-

боте, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, в соответствии с п. 9-11, 13 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней», а её автор, Шишигин Игорь Николаевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент:
доктор технических наук,
профессор
«СЗ» ИПР 2023 г.



Сторчевой Владимир Федорович

Ф.И.О лица, предоставившего отзыв	Сторчевой Владимир Федорович
Ученая степень	Доктор технических наук
Ученое звание	Профессор
Специальность, по которой защищена диссертация	05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве
Место работы	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева». Кафедра автоматизации и роботизации технологических процессов имени академика И.Ф. Бородина
Адрес	127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49
Телефон	+7 (499) 976-04-80
E-mail	v.storchevov@tgau-msha.ru

Подпись, должность, ученую степень и звание Сторчевого В.Ф. удостоверяю:

ПРОРЕКТОР
ПО КАДРОВОЙ ПОЛИТИКЕ И
ИМУЩЕСТВЕННОМУ КОМПЛЕКСУ

И. О. СТЕПАНЕВ

