

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук, профессора Попова Виталия Матвеевича на диссертационную работу Шевелева Александра Владимировича, выполненную на тему «Разработка СВЧ-воскотопок с обоснованием их параметров», представленную к защите в диссертационный совет 72.2.016.02 при Государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса

Диссертационная работа выполнена на 214 страницах компьютерного текста и содержит 150 страниц основного текста, в том числе титульный лист (1 с.), содержание (4 с.), введение (7 с.), 76 рисунков, 36 таблиц и 12 приложений.

В приложениях представлены: акты, подтверждающие внедрение результатов НИР в хозяйстве и в учебном процессе, отражающие практическое применение результатов научных исследований; порядок изготовления СВЧ-воскотопки с полусферическими резонаторами; принципиальная электрическая схема управления СВЧ-воскотопкой; результаты экспериментальных исследований; рекомендации по эксплуатации СВЧ-воскотопки; копии патентов РФ, соавтором которых является соискатель; протоколы испытаний; дипломы.

1. Актуальность темы диссертации и её связь с государственными научными программами и соответствие требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по техническим дисциплинам

Стратегия развития агропромышленного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства и Федеральный закон о пчеловодстве указывают на актуальность и важность проведения научных исследований, связанных с разработкой малогабаритной сверхвысокочастотной техники для переработки сельскохозяйственного сырья у производителя, что позволяет повысить эффективность производства в целом, окупить установку за счет дополнительной реализации ранее неперерабатываемого продукта.

Пчелиный воск обладает значимой ценностью как для сферы пчеловодства, так и для общей структуры народного хозяйства государства, поскольку порядка 80% общего объема вырабатываемого воска потребляется именно отраслью пчеловодства. Сегодня Нижегородская область насчитывает внушительное число пчеловодческих хозяйств — 1387 единиц, каждое из которых ежегодно перерабатывает значительные объёмы воскового сырья. Так, средние хозяйства с численностью от 50 пчелосемей производят свыше 250 килограммов воска, тогда как крупные фермы, насчитывающие более сотни семей, способны перерабатывать объёмы, превышающие полтонны в год. Переработка таких объемов сырья в паровых воскотопках требует значительных временных и эксплуатационных затрат. В переработку идут забрус и повреждённые соты, содержащие примерно 5–7% мёда. Сейчас этот продукт реализуется без переработки. Именно переработка с применением микроволновой технологии позволяет получить дополнительное количество чистого меда и воска, что позволяет перевести их в

другую ценовую категорию, нежели забрус и повреждённые соты. Поэтому разработка СВЧ-воскотопок непрерывно-поточного действия с обоснованными параметрами и режимами работы, основанными на научных исследованиях и позволяющих осуществить вытопку воска с отделением меда при сниженных эксплуатационных затратах, является важной и актуальной задачей.

Поэтому диссертационная работа Шевелева Александра Владимировича, направленная на снижение эксплуатационных затрат при вытопке воска и отделении мёда, безусловно является, актуальной задачей в области применения электротехнологий в агропромышленном комплексе.

Достижение этой цели во многом зависит от уровня разработки СВЧ-воскотопок непрерывно-поточного действия.

В связи с отмеченным, оппонируемую работу, следует считать актуальной, имеющей важное народнохозяйственное значение. Работа выполнена согласно плану НИР ГБОУ ВО НГИЭУ.

2. Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность и новизна

На защиту автором выносятся следующие положения:

- разработанный способ вытопки пасечного воска воздействием ЭМП СВЧ позволяет отделить и сохранить остаточную фракцию меда;
- разработанная методика позволяет согласовать основные электродинамические параметры резонаторов различной конфигурации с удельной мощностью генераторов, электрофизическими параметрами двухкомпонентного воскового сырья и скоростью его нагрева;
- эффективное конструкционное исполнение СВЧ-воскотопки позволяет реализовать способ вытопки пасечного воска при сниженных эксплуатационных затратах.

Диссертационная работа содержит пять выводов.

Первый вывод отмечает, что результаты исследования динамики нагрева воскового сырья с учетом изменения его диэлектрических и теплофизических параметров при воздействии ЭМП СВЧ позволили обосновать скорость нагрева воскового сырья и продолжительность технологического процесса в зависимости от напряженности электрического поля.

Первый вывод основан на результатах теоретических исследований, достоверен, содержит новые сведения и подтверждает второе и третье защищаемые положения.

Второй вывод сообщает, что разработан способ вытопки воскового сырья с отделением меда (5-7 %) путём воздействия электромагнитного поля сверхвысокой частоты, реализуемый в двухрезонаторных СВЧ-воскотопках непрерывно-поточного действия. Они оснащены магнетронами воздушного охлаждения и уникальными транспортировочными элементами, выполненными из диэлектрика, такими как центрифуга, вращающийся диск и нагнетательные шнековые механизмы.

Процесс переработки сырья осуществляется в различных типах комбинированных резонаторов различного конструктивного исполнения: полусферические резонаторы с общим основанием; сферический резонатор в тороидальном

резонаторе; цилиндрический резонатор-центрифуга со сферическим резонатором; последовательно состыкованные цилиндрические резонаторы.

Вывод обосновывает первое научное положение, имеет техническую новизну (патенты: № 2789490; № 2770496; № 2737142; № 2728659; № 2740095; № 2803541).

Третий вывод сообщает, что оценены электродинамические параметры четырех резонаторов и обоснован выбор состыкованных полусферических резонаторов для эффективного функционирования СВЧ-воскотопки. Электродинамические параметры системы «генератор–резонатор–нагрузка», а именно собственная добротность (71329–94794), нагруженная добротность (44304–62324), напряженность электрического поля (2,75–7,31 кВ/см), согласованы с объемом резонаторов (60 л), удельной мощностью генераторов, производительностью СВЧ-воскотопки при нагреве до 45 °С меда и 64 °С пасечного воска.

Вывод основан на результатах экспериментальных исследований, достоверен, содержит новые сведения и подтверждает второе и третье защищаемое научное положение.

Четвертый вывод информирует, что проведенные исследования показали высокую эффективность разработанной СВЧ-воскотопки непрерывно-поточного действия с полусферическими резонаторами для переработки воскового сырья. Установлены оптимальные режимы эксплуатации: производительность аппарата достигает 29 кг/ч, удельная мощность генераторов варьируется от 0,9 Вт/г при отделении меда до 1,15 Вт/г при вытопке воска, обеспечивающая полную экстракцию продукта за 3 минуты при скорости нагрева 0,15 °С/с. Органолептическое тестирование показало превосходство опытных образцов воска над контрольными по цвету, аромату и структуре на изломе на четыре балла (оценочная шкала 24 балла). Микробиологическое исследование подтвердило значительное снижение бактериальной обсемененности (с 1,5 до 0,5 млн КОЕ/г) при оптимальной продолжительности нагрева и уровне мощности. Практические испытания подтвердили предполагаемые энергозатраты (0,13 кВт·ч/кг) и надежность конструкции, обеспеченную специальным устройством слива (запредельный волновод диаметром 3,06 см и длиной 9 см), а также диэлектрическим материалом начальных и конечных витков шнека, обеспечивающим радиогерметичность.

Вывод основан на результатах экспериментальных исследований, достоверен, содержит новые сведения и подтверждает третье защищаемое научное положение.

Пятый вывод сообщает, что годовая экономия денежных средств от внедрения разработанной установки составляет 20970 руб. при объеме перерабатываемого сырья 580 кг за счет снижения эксплуатационных затрат и продажи дополнительного объема меда.

Вывод основан на результатах экспериментальных исследований, достоверен, содержит новые сведения и подтверждает третье защищаемое научное положение.

3. Значимость результатов исследований для науки и практики

Предложена методика согласования электродинамических параметров системы «генератор резонатор–сырье» с удельной мощностью генераторов, электрофизическими параметрами двухкомпонентного воскового сырья и скоростью

его нагрева. Результаты исследования динамики нагрева двухкомпонентного воскового сырья при воздействии электромагнитного поля сверхвысокой частоты и электродинамических параметров системы с резонаторами разной конфигурации служат основой для определения наиболее эффективных режимов функционирования СВЧ-воскотопок.

Для практики значимость заключается в том, что СВЧ-воскотопка непрерывно-поточного действия с полусферическими резонаторами используется в сельскохозяйственном производстве. Производственные испытания проведены в ООО «МАКОШЬ».

Новизна технологических и технических решений подтверждена 5 патентами на изобретения.

4. Оценка содержания диссертационной работы, ее завершенности в целом и качества оформления рукописи

Введение включает общую характеристику работы, цель, объект, предмет и методику исследований, обоснование актуальности. Отмечена новизна, практическая значимость, апробация работы и задачи исследования.

В первой главе «Оценка современного состояния исследуемой темы» проанализированы объемы производства пчеловодческой продукции в РФ, приведен обзор существующих воскотопок и требований, предъявляемых к качеству пчеловодческой продукции, рассмотрены физические характеристики воска, приведены выводы по главе.

Во второй главе «Теоретическое обоснование конструктивно технологических параметров СВЧ-воскотопок» содержатся: особенности тепловой обработки воскового сырья; расчет электродинамических параметров системы «генератор-резонатор-сырье»; результаты исследования напряженности ЭП в сырье при разных объемах загрузки воскового сырья; интерференция волн в полусферическом резонаторе; трехмерное моделирование системы «генератор-резонатор-сырье» в программе CST Microwave Studio; выводы по главе.

Замечания по второй главе.

1. В 2.1 при оценке глубины проникновения волны в восковое сырье пять точек на рисунке 2.1 на странице 41 получены расчетным путем, однако для них вместо аппроксимации по полиномиальной функции проведен регрессионный анализ по показательной функции – в таком случае необходимо дополнительно обосновать применимость приближенной функции.

В третьей главе «Разработанные двухрезонаторные СВЧ-воскотопки непрерывно-поточного действия» содержатся: частные методики исследований и измерительная аппаратура; машинно-аппаратная схема переработки воскового сырья; приведены описания, технологические схемы, 3D модели и технические характеристики разработанных двухрезонаторных СВЧ-воскотопок непрерывно-поточного действия для отделения мёда и вытопки пасечного воска; выводы по главе.

Замечания по третьей главе.

1. Запланирован двухуровневый трехфакторный эксперимент 2^3 , однако основные его положения не приведены.

В четвертой главе «Результаты исследования технологического процесса вытопки пчелиного воска с отделением мёда» приведены: алгоритм проведения

экспериментальных исследований процесса вытопки воска с отделением мёда в СВЧ-воскотопке с полусферическими резонаторами; обоснование основных режимов работы СВЧ-воскотопок непрерывно-поточного действия; сравнением удельных энергетических затрат на вытопку пасечного воска с отделением мёда в воскотопках; обеспечение электромагнитной безопасности обслуживающего персонала; выводы по главе.

Замечания по четвертой главе.

1. На рисунке 4.7 на странице 115 и по тексту для динамики снижения общего микробного числа не указано целевое значение – до какого уровня оно должно быть снижено.

2. В таблице 4.7 на странице 117 приведена матрица планирования не для полнофакторного эксперимента 2^3 , как было описано в главе 3, а матрица планирования для трехуровневого трехфакторного эксперимента 3^3 с дробной репликой 2^{3-1} . Это приводит к тому, что оценка исследуемой температуры на границах диапазонов варьирования факторов (мощность излучения, время воздействия и содержание меда) может оказаться ненадежной.

3. На страницах 118-121 приведен регрессионный анализ для проведенных экспериментов, однако часть расчетов опущена. Необходимо пояснить с какой целью расчет параметров уравнения выполняется дважды (для стандартизованных и реальных значений), как определены ошибки этих коэффициентов, для чего выполняется расчет одновременно t-статистики и p-значения.

В пятой главе «Экономическая эффективность применения СВЧ-воскотопки в условиях пасеки» содержатся: затраты на вытопку пасечного воска по базовому варианту; экономические показатели внедрения СВЧ-воскотопки непрерывно-поточного действия с полусферическими резонаторами; выводы по главе.

Замечания по пятой главе.

1. Расчет экономической эффективности внедрения установки выполнен для пасечных хозяйств с более чем 100 пчелиных семей, однако не объяснено почему взято именно это число. Какую долю от общего производства меда составляет вклад этих хозяйств?

2. Расчет экономической эффективности выполнен без дисконтирования ожидаемого дохода от экономии. Насколько изменится ожидаемая прибыль при учете влияния инфляции за 3-5 лет?

Текст диссертационной работы грамматически и стилистически изложен достаточно грамотно, графические материалы выполнены в основном четкими схемами и рисунками. Вместе с тем по оформлению работы имеются следующие замечания:

- в тексте диссертации присутствуют орфографические ошибки.
- отсутствуют ссылки на литературу.
- название главы в автореферате «Теоретическое обоснование конструктивно технологических параметров СВЧ-воскотопок», а в диссертации «Теоретическое обоснование конструктивно технологических параметров СВЧ-воскотопки».

Однако общее количество такого рода погрешностей и неточностей невелико и оформление работы в целом отвечает предъявляемым требованиям.

6. Полнота опубликования основных результатов работы в печати и соответствие содержания автореферата основным положениям диссертационной работы

Основные положения диссертационной работы опубликованы в 21 печатной работе, в том числе: 9 работ опубликовано в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК Российской Федерации, 1 статья в международной реферативной базе данных и системе цитирования Web of Science, 6 патентов на изобретения, которые вполне отражают ее содержание. В свою очередь в автореферате сконцентрированы основные положения диссертации, которые достаточно полно отражают суть проделанной работы.

7. Заключение

Диссертационная работа Шевелева Александра Владимировича является завершенным научным трудом. Отмеченные в отзыве недостатки не имеют принципиального значения, носят частный характер, направлены на повышение уровня научных исследований и могут быть учтены в будущей работе соискателя.

По актуальности, новизне исследований и полученным результатам, достаточной степени обоснованности и достоверности основных выводов и рекомендаций, а также по уровню внедрения диссертационная работа соответствует требованиям раздела II «Положения о присуждении ученых степеней» (постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 824), а её автор Шевелев Александр Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 4.3.2 – Электротехнологии, электрооборудование и энергоснабжение агропромышленного комплекса.

Официальный оппонент:
доктор технических наук,
(специальность 05.20.02 – Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве, профессор, заведующий кафедрой энергообеспечения и автоматизации технологических процессов ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный аграрный университет»



В.М. Попов

05.09.2025 г.

Попов Виталий Матвеевич

457100, Челябинская область, г. Троицк, ул. Гагарина, 13

Тел./факс: 8(351)266-65-30 E-mail: ntc-es@mail.ru

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный аграрный университет», кафедра энергообеспечения и автоматизации технологических процессов.

