

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д409.001.01 НА БАЗЕ
Акционерного общества «Научно- производственное предприятие «Исток»
имени А.И. Шокина» ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК.

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 1.02.2018 протокол № 35

О присуждении Федотову Василию Васильевичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Создание малогабаритных магнетронов непрерывного действия мощностью 1-3 кВт и СВЧ камеры для кухонных СВЧ печей на частоте 915 мГц» по специальности 05.27.02 - "Вакуумная и плазменная электроника" принята к защите 28 ноября 2017 года, протокол № 33, диссертационным советом Д409.001.01 на базе Акционерного общества «Научно- производственное предприятие «Исток» имени А.И. Шокина», 141190, Вокзальная ул., д.2а, открытый приказом № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель Федотов Василий Васильевич, 1986 года рождения.

В 2008 г. соискатель окончил Рязанский государственный радиотехнический университет по специальности «Промышленная электроника».

С 12.11.2012 по 12.11.2017 проходил обучение в аспирантуре АО «НПП «Исток» им. Шокина» по специальности 05.27.02 – «Вакуумная и плазменная электроника», отрасль наук 05.00.00 – Технические науки (заочная форма обучения).

Работает инженером первой категории в Закрытом акционерном обществе «Научно-производственное предприятие «Магратеп» (ЗАО «НПП «Магратеп»).

Диссертация выполнена в АО «НПП «Исток» им. Шокина».

Научный руководитель – доктор технических наук Лопин Михаил Иванович, главный научный сотрудник отделения 10 АО «НПП «Исток» им. Шокина».

Официальные оппоненты:

1. Царев Владислав Алексеевич, гражданин РФ, доктор технических наук, профессор кафедры «Электронные приборы и устройства», федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»;

2. Петров Александр Михайлович, гражданин РФ, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник ФГУП «Мытищенский научно-исследовательский институт радиоизмерительных приборов»;

дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Акционерное общество «Московский радиотехнический институт Российской академии наук» АО «МРТИ РАН», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном заместителем генерального директора по научной работе, доктором физико-математических наук, Лауреатом премии Правительства РФ Есаковым Игорем Ивановичем указала, что перечисленные в отзыве замечания не снижают теоретической и практической ценности проведенных исследований и полученных результатов, а автор заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.02.

Соискатель имеет 8 опубликованных работ, все работы по теме диссертации, из них 4 опубликованы в научных изданиях, которые включены в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий для опубликования основных научных результатов диссертаций.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Каргин А.Н., Морозов О.А., Савенко Г.П., Кулибаба Л.В., Федотов В.В. Малогабаритный магнетрон на 915 МГц для микроволнового нагрева. Электронная техника. Серия 1, СВЧ техника, 2013, В. 2 (517), с. 14- 21. (Создание модели и проведение численного эксперимента, оптимизация параметров резонаторной системы магнетрона – 55%)
2. Каргин А.Н., Морозов О.А., Морозов А.О., Савенко Г.П., Симоненко А.Н., Федотов В.В. Электронная оптика современных магнетронов. Электронная техника. Серия 1, СВЧ-техника, 2015, В. 3 (526), с. 27-35. (Создание модели и проведение численного эксперимента, подбор оптимальных параметров электронно-оптической и магнитной систем магнетрона – 62%)
3. Каргин А.Н., Морозов О.А., Воробьев И.Г., Савенко Г.П., Симоненко А.Н., Федотов В.В. Современные мощные магнетроны дециметрового диапазона и устройства на их основе. Электронная техника. Серия 1, СВЧ техника, 2013, В.2 (518), с. 117- 124. (Создание модели и проведение численного эксперимента, оптимизация параметров вывода энергии магнетрона сопряженной с резонаторной системой – 33%)
4. А.Н. Каргин, А.О. Морозов, О.А. Морозов, Г.П. Савенко, А.Н. Симоненко, В.В. Федотов, «Современные мощные магнетроны дециметрового диапазона». Вопросы электротехнологии. № 4 (9) Декабрь 2015. С. 54 (Создание модели и проведение численного эксперимента, оптимизация параметров конструкции коаксиально-волнового перехода и дроссельной структуры – 31%)
5. Федотов В.В., Каргин А.Н., Савенко Г.П., Морозов О.А. Магнетрон мощностью 3 кВт на частоте 915 МГц для перспективных систем нагрева. Материалы международной научно-технической конференции "Актуальные

проблемы электронного приборостроения" АПЭП-2014, Саратовский государственный технический университет, 2014.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

В отзыве ведущей организации указано следующее.

Актуальность работы состоит в том, что в настоящее время, возникла необходимость создания нового поколения бытовых кухонных СВЧ печей, предназначенных для работы в небольших кафе, школах, больницах и т.п., с малым потреблением электрической энергии и достаточно эффективные для пищевой обработки продуктов при вместимости порядка 40-100 л. Это означает продвижение бытовых кухонных СВЧ печей в новый для них частотный диапазон 915 МГц с уровнем выходной мощности порядка 1-3 кВт.

В ходе исследований автором получен ряд новых научных результатов, основными из которых являются:

1) Уменьшена масса и габаритные размеры магнетрона на частоте 915 МГц, сравнимые с аналогичными параметрами магнетрона на частоте 2450 МГц.

2) Создан магнетрон на частоте 915 МГц с величинами напряжений питания, равным аналогичным параметрам на частоте 2450 МГц, но без уменьшения КПД и увеличенной мощностью по сравнению с аналогом не менее чем в 2 раза.

3) Обеспечена электромагнитная совместимость магнетрона. Уменьшен выход паразитного СВЧ излучения из катодной ножки и его воздействие на обслуживающий персонал, источник питания и другие электронные приборы. Для решения этой проблемы разработан и установлен на катодную ножку компактный дроссель, который обеспечивает ослабление не менее 20 dB.

4) Разработана СВЧ камера на частоте 915 МГц объемом 45 литров.

5) Проведено сопряжение магнетрона по параметрам питания и по электрическим параметрам в экспериментальном образце печи нового поколения.

Достоверность и новизна научных положений, вывод и решений.

Положения и результаты, выносимые на защиту, достаточно обоснованы и базируются:

- на результатах расчетов с использованием известного математического аппарата, адекватно описывающего физические процессы в ЭВП и поведение электронов в скрещенных магнитных и электрических полях;

- на результатах испытаний ЭВП и его узлов с использованием аттестованных методик измерений;

- на практических результатах полученных автором во время проведения испытаний.

1. Даны основные рекомендации по изготовлению малогабаритного магнетрона длинноволнового диапазона 915 МГц соизмеримого по габаритам с магнетроном коротковолнового диапазона 2450 МГц, подтвержденные практическим результатом;
2. Даны рекомендации, подтвержденные практическим результатом, по увеличению КПД малогабаритного магнетрона длинноволнового диапазона 915 МГц с уровнем мощности 1-3 кВт по сравнению с КПД коротковолнового магнетрона на частоте 2450 МГц при сохранении стандартного источника питания.
3. Проведен расчет и изготовление компактной СВЧ камеры для малогабаритного магнетрона на частоте 915 МГц, подтвержденные экспериментальными данными.
4. Проведены испытания разработанного магнетрона в экспериментальной кухонной СВЧ печи нового поколения на частоте 915 МГц.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций, изложенных в диссертации, не вызывает сомнений и подтверждается совпадением расчетных и экспериментальных данных, техническими характеристиками созданных магнетронов с источниками питания и результатами их испытаний в разработанной СВЧ камере в экспериментальной печи на 915 МГц.

В отзыве ведущей организации приведены следующие замечания:

- 1) нечетко представлены наименования осей в некоторых графиках;
- 2) в тексте диссертации присутствуют грамматические погрешности, стилистические неточности и опечатки.

В отзывах официальных оппонентов Царева В. А. и Петрова А. М. отмечается, что рассматриваемая диссертационная работа является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. В работе приведены научные результаты, позволяющие квалифицировать их, как научно обоснованные технические и технологические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие техники магнетронов непрерывного действия, работающих на частоте 915 МГц и предназначенных для применения в малогабаритных СВЧ печах нового поколения с уровнем мощности 1-3 кВт. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Работа базируется на достаточном числе исходных данных, примеров и расчетов. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Отмечается актуальность, новизна научного подхода, практическая значимость работы, соответствие работы требованиям п.9 «Положения», сделан вывод о присуждении соискателю искомой учёной степени.

Петров А.М. отмечает в работе следующие недостатки:

- 1) Отсутствует расшифровка осей в некоторых графиках.
- 2) Есть стилистические и грамматические погрешности в тексте диссертации.

В отзыве Царева В.А. приведены следующие замечания:

- 1) В работе отсутствуют оценки экономической эффективности разработанного магнетрона.
- 2) В автореферате на странице 10 в разделе «Объем работы» ошибочно указано, что диссертация состоит из пяти глав. Хотя, судя по содержанию работы, видно, что, на самом деле, она состоит из четырех глав.
- 3) Приведенный в конце диссертации «Список сокращений и условных обозначений» содержит всего четыре сокращения (СВЧ – сверхвысокая частота; КСВ – коэффициент стоячей волны; КПД – коэффициент полезного действия; ЭСЧ – электронное смещение частоты). Поэтому его, без особого ущерба, можно было бы исключить из текста диссертации.

На автореферат получено 4 отзыва. Все отзывы положительные.

1. ООО "Импульсные технологии". Отзыв подготовил директор, к.т.н., Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники 2016 г Бочков В.Д.

2. АО «НПП «Торий». Отзыв подготовил начальник лаборатории НТЦ 840, к.ф.-м.н. Коннов А.В.

3. ФИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, заведующий лабораторией, к.т.н., Лауреат Государственной премии СССР Мясин Е.А.

4. «НИЯУ «МИФИ», доцент, к.т.н. Прокопенко А.В.

Отмечается, что диссертация посвящена разработке СВЧ печи, занимающей промежуточную нишу между бытовыми и промышленными СВЧ печами, сочетающую сравнительно небольшой объем (45 л) и рабочую частоту 915 МГц, что дает возможность производить более равномерный нагрев относительно крупных пищевых продуктов в лотках или упаковках. Такие СВЧ печи необходимы для небольших предприятий питания и закусочных и в настоящее время отсутствуют на рынке, поэтому работа является актуальной.

В работе получен ряд новых результатов:

Разработан высокоэффективный малогабаритный магнетрон непрерывного действия с рабочей частотой 915 МГц и выходной мощностью 1,2 кВт при однофазном питании (220 В) и 3 кВт при трехфазном питании (380 В), совместимом по источнику питания (4 кВ) с бытовыми магнетронами на 2.45 ГГц.

Разработан оригинальный, компактный, коаксиальной конструкции загораживающий фильтр на катодной ножке, обеспечивающий развязку не менее 20 дБ от внутрактового излучения.

Разработана СВЧ камера СВЧ печи объемом 45 л, имеющая три вида колебаний в диапазоне частот 915 ± 15 МГц.

Разработанный магнетрон и СВЧ камера применены для создания СВЧ печи, которая работает в режиме малого количества возбуждаемых мод, что позволило уменьшить объем и габаритные размеры рабочей камеры.

В отзывах имеются критические замечания:

1) ООО "Импульсные технологии":

- В качестве недостатков можно отметить наличие грамматических погрешностей в тексте диссертации

2) АО «НПП «Торий»:

- Соискатель вводит в автореферате ряд сокращений: СВЧ, ЭВП, ИВП, н/т, не давая нигде расшифровки.

- На странице 5 автор использует жаргонные термины: «кухонный магнетрон», «резонаторная структура «М» - типа».

- Странно, на этой же странице выглядит рекомендация автора самому себе: «Соискателю при этом необходимо провести комплексную работу, включающую в себя: ...».

- На странице 7 в положении 3, выносимом на защиту, говорится, что для разработки СВЧ камеры использован «волновод сечением $430 \times 270 \times 410$ мм с рабочими видами колебаний H_{202} и H_{301} ». Видимо, автор хотел сказать, что он использовал резонатор с габаритами $430 \times 270 \times 410$ мм³.

- В этом же пункте соискатель пишет о двух видах колебаний, а на странице 9 в пункте 4 говорится о трех видах колебаний в резонаторной камере. Так два или три вида колебания?

- К сожалению, в автореферате нет информации о главном декларируемом преимуществе разработанной СВЧ печи – большей однородности разогрева по сравнению СВЧ печью такого же объема, но работающей на частоте 2.45 ГГц. Это легко было бы численно показать с помощью используемой автором программы Microwave Studio, но по какой-то причине не было сделано.

- Неясен смысл выражения в последнем абзаце на стр. 26 «... дальнейшим продвижением СВЧ в бытовые СВЧ печи ...».

- Общее замечание. Автореферат производит впечатление поспешно скроенного текста, в котором к тому же содержится ряд опечаток (так уже на второй странице дважды написана фамилия оппонента «Петров Александр Михайлович»), синтаксических и орфографических ошибок, а так же имеется место несогласованности времен, т.е. одновременно присутствует настоящее, будущее и прошедшее время. Стиль написания автореферата подразумевает наличие обезличенной совершенной формы, выражающей завершенность

представляемой работы, т.е. положения должны начитаться словами: «показано», «измерен», «проведено», «рассчитан» и т.д.

3) ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН:

- Понятно, что разработке как магнетрона, так и рабочей камеры должно предшествовать моделирование и численный эксперимент, на базе которого и создаются экспериментальные макеты. Однако, в автореферате отсутствует информация по моделированию, что вызывает дополнительные вопросы.

- Автореферат написан не очень аккуратно – опiski в тексте чередуются с большими пробелами по размещению представленных материалов.

4) «НИЯУ «МИФИ»:

- В автореферате не представлены основные результаты расчетов рабочей камеры СВЧ-печи, которые обосновывают правильность выбранных решений.

- Стилль изложения содержания работы не совсем академичен.

- В тексте автореферата имеются опечатки и неточности.

Во всех отзывах отмечается, что указанные недостатки не влияют на основные научные результаты работы и не снижают теоретической и практической ценности диссертации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области вакуумной СВЧ электронике и подтверждается списками публикаций в данной сфере исследований.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- предложены рекомендации по изготовлению длинноволнового магнетрона на частоте 915 МГц для кухонных СВЧ печей нового поколения, сопряженного по электрическим параметрам с промышленным источником питания и соизмеримого по габаритам с печным магнетроном коротковолнового диапазона 2450 МГц, получены результаты, подтвержденные экспериментально;

- предложены рекомендации и получены результаты, подтвержденные экспериментально, по увеличению КПД магнетрона не менее, чем до 80% в номинальном режиме на частоте 915 МГц с уровнем выходной непрерывной мощности 1-3 кВт при сохранении промышленного источника питания для магнетрона на частоте 2 450 МГц;

- рассчитана, изготовлена и проверена компактная СВЧ камера объемом 45 литров для экспериментальной кухонной печи на частоте 915 МГц. Уменьшение размеров камеры достигнуто за счет использования камеры с тремя резонансными видами колебаний (H_{301} , H_{202} , H_{012}). Широкая стенка 435 мм позволяет использовать резонатор для равномерного нагрева продуктов с двумя рабочими видами колебаний (H_{202} , H_{301}), устанавливать в печь

стандартные пищевые лотки, применяемые в пищевой продукции, по 2 – 5 кг. Рассчитанная камера имеет коэффициент равномерности нагрева 0,96;

- предложен способ подавления внеэлектронного излучения СВЧ энергии через катодную ножку магнетрона путем, внедрение в разработанный магнетрон оригинального фильтра;

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- разработаны подходы создания малогабаритного магнетрона на частоте 915 МГц, соизмеримого по размерам и параметрам с кухонным магнетроном на частоте 2 450 МГц;

- проведено сопряжение созданного магнетрона с КПД не менее 80% с серийным промышленным источником питания кухонного магнетрона на частоте 2 450 МГц;

- проведён расчёт малогабаритной (по сравнению с рабочей длиной волны) СВЧ камеры для кухонной СВЧ печи на 915 МГц объемом не более 45 л. Разработана СВЧ камера для испытаний созданного магнетрона, которая была полностью использована в СВЧ печи на 915 МГц;

- проведён расчет оригинального фильтра для подавления паразитного излучения СВЧ мощности из катодной ножки разработанного магнетрона.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработанные и созданные автором компактные источники СВЧ энергии (магнетроны, сопряженные с промышленным высоковольтным источником питания) и СВЧ камеры применяются для создания первых кухонных СВЧ печей на частоте 915 МГц, что выводит их в новый частотный сегмент. Повышенный объем СВЧ камеры при увеличенной мощности источника энергии до 1-3 кВт с повышенным проникновением СВЧ энергии в обрабатываемые продукты позволяет увеличить полезную нагрузку печи на частоте 915 МГц и делает перспективным использование таких печей в малых кафе, столовых, пищеблоках школ, больниц и подобных предприятиях общественного питания.

В ЗАО "НПП "Магратеп" созданы впервые кухонные СВЧ печи на частоте 915 МГц, обладающие более высокой производительностью и КПД, в которых применяются разработанные изделия. Созданные СВЧ печи могут занять новую нишу в народном хозяйстве в области применения бытовых СВЧ печей.

На новую кухонную СВЧ печь, использующую названные изделия, получен Сертификат соответствия № 0477305.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- подтверждение и совпадение расчетных и экспериментальных данных, технических и эксплуатационных характеристик созданных магнетронов, сопряженных с промышленными источниками питания, и СВЧ камеры при их совместном использовании в экспериментальных кухонных СВЧ печах на частоте 915 МГц.

Личный вклад соискателя состоит в следующем:

- предложены подходы к созданию малогабаритного магнетрона на частоте 915 МГц, соизмеримого по размерам и параметрам с магнетроном на частоте 2450 МГц с КПД не менее 80 %, которые легли в основу разработанного магнетрона с указанными характеристиками;

- проведено сопряжение разработанного магнетрона с серийным промышленным источником питания, используемым для питания магнетрона на частоте 2450 МГц;

- проведен численное моделирование и изготовление СВЧ камеры для кухонной печи на частоте 915 МГц объемом не более 45 литров с тремя резонансными видами колебаний;

- разработан и изготовлен оригинальный фильтр для подавления внекратового излучения СВЧ энергии через катодную ножку магнетрона, конструкция которого внедрена в разработанный магнетрон.

- проведены научно-технические и организационные мероприятия по подготовке разработанной СВЧ печи для серийного производства.

Диссертация содержит решение научной задачи создания магнетрона на частоте 915 МГц, соизмеримого по размерам и параметрам с бытовым магнетроном на частоте 2450 МГц с КПД не менее 80 % и СВЧ камеры, и изложение обоснованных технических решений, позволяющих получить требуемые параметры при разработке ЭВП. Разработанный магнетрон и камера были внедрены в экспериментальную кухонную СВЧ печь и в настоящее время идет подготовка их серийного выпуска (акт внедрения ЗАО «НПП «Магратеп» от 14 сентября 2017 г.).

Диссертация написана автором самостоятельно и обладает внутренним единством, содержит новые научные положения и результаты, выдвигаемые для публичной защиты. Предложенные автором решения аргументированы и основаны на экспериментальных данных, известной теории и математическом аппарате, основанном на численных методах, применяемых в стандартном программном обеспечении, которое было использовано при разработке магнетрона и камеры, а так же сопоставлении экспериментальных и расчетных данных.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует

критериям, установленным действующим Положением о порядке присуждения ученых степеней, и принял решение присудить Федотову Василию Васильевичу учёную степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности 05.27.02. «Вакуумная и плазменная электроника», участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 15, против присуждения ученой степени – 3, недействительных бюллетеней – 1.

Заместитель председателя
диссертационного совета
д.ф.-м.н.

Панас Андрей Иванович

Ученый секретарь
диссертационного совета
к.т.н.

Куликова Ирина Владимировна



01.02.2018 г.