

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.11 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «УРАЛЬСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА
РОССИИ Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 26.12.2014 № 6

О присуждении Игнаткову Кириллу Александровичу, гражданство Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Исследование гибридно-интегральных автодинных модулей миллиметрового диапазона» по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии принята к защите 22.10.2014, протокол № 4 диссертационным советом Д 212.285.11 на базе ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, д. 19, созданным приказом Минобрнауки России № 764/нк от 05.11.2013 г.

Соискатель, Игнатков Кирилл Александрович, 1988 года рождения.

В 2010 г. окончил ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина» по специальности «Сети связи и системы коммутации»; в 2013 году окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии; работает в должности инженера (1 кат.)

кафедры технологий и средств связи ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Диссертация выполнена на кафедре технологий и средств связи ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Носков Владислав Яковлевич, ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», кафедра технологий и средств связи, профессор.

Официальные оппоненты:

Данилин Александр Иванович, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (Национальный исследовательский университет)», кафедра радиотехники, зав. кафедрой;

Усанов Дмитрий Александрович, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», кафедра физики твёрдого тела, заведующий кафедрой, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана» – в своём положительном заключении, подписанном: Борзовым Андреем Борисовичем, доктором технических наук, профессором, заместителем директора научно-исследовательского института специального машиностроения, заведующим кафедрой СМ-5 «Автономные информационные и управляющие системы»; Лихоеденко Константином Павловичем, доктором технических наук, профессором, руководителем отдела «Системы ближней локации» НИИСМ, заместителем заведующего кафедрой СМ-5 и Павловым Григорием Львовичем, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры СМ-5, указала, что диссертация Игнаткова Кирилла Александровича соответствует требованиям пункта 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени

кандидата наук, а сам автор достоин присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.07 – Антенны, СВЧ устройства и их технологии.

Соискатель имеет 34 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации – 28 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 7. Другие публикации по теме исследования отражены в статьях, опубликованных в научных журналах (4), сборниках материалов международных (15) и всероссийских (2) научных конференций. Общий объём опубликованных работ по теме диссертации – 16,56 п.л., авторский вклад – 7,67 п.л.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Игнатков К.А. Влияние расстройки резонатора на автодинные характеристики стабилизированных СВЧ генераторов / В.Я. Носков, К.А. Игнатков, С.М. Смольский // Известия вузов. Радиоэлектроника. – 2011. – Т. 54, № 11. – С. 45–60.

2. Игнатков К. А. Экспериментальные исследования автодинных модулей на меза-планарных диодах Ганна КВЧ диапазона / В.Я. Носков, К.А. Игнатков, С.М. Смольский // Электронная техника. Серия 1. СВЧ-техника. – 2012. – № 2 (513). – С. 17–36.

3. Игнатков К.А. Особенности шумовых характеристик автодинов при сильной внешней обратной связи / В.Я. Носков, К.А. Игнатков // Известия вузов. Физика. – 2013. – Т. 56, № 12. – С. 112–124.

На автореферат поступили положительные отзывы:

1. От Совлукова Александра Сергеевича д-ра техн. наук, профессора, главного научного сотрудника Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (г. Москва). В отзыве имеется замечание: неясно, какова область предпочтительного применения рассмотренных в работе автодинных устройств, работающих в миллиметровом диапазоне длин волн; какие преимущества они имеют по сравнению с известными СВЧ автодинными устройствами при решении тех или иных практических задач?

2. От Закарлюка Николая Михайловича канд. физ.-мат. наук, доцента, доцента кафедры общепрофессиональных дисциплин филиала Уральского государственного университета путей сообщений (г. Нижний Тагил, Свердловская область). Без замечаний.

3. От Лукина Константина Александровича, д-ра физ.-мат. наук, профессора и Ермака Геннадия Павловича, канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр. Института радиопизики и электроники им. А.Я. Усикова Национальной академии наук Украины (г. Харьков, Украина). В отзыве имеются замечания: 1) не описано влияние изменений режима питания автогенератора на выходные параметры автодинной системы; 2) при исследовании измерительных автодинных систем автор не уделил внимания анализу метрологических характеристик разработанных устройств.

4. От Елизарова Андрея Альбертовича, д-ра техн. наук, профессора кафедры «Радиоэлектроники и телекоммуникации» Московского института электроники и математики Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». В отзыве имеются замечания: 1) отсутствие результатов численного моделирования автодинных модулей с использованием современного программного обеспечения, что позволило бы автору подтвердить и уточнить полученные аналитические и экспериментальные данные; 2) сильно завышенный объём автореферата (превышающий 40 тыс. знаков) и при этом мелкие, не везде читаемые рисунки, имеющие непоследовательную нумерацию (например, рис. 5.1, потом 5.8 и сразу 5.15).

5. От Шаповалова Александра Степановича, д-ра физ.-мат. наук, профессора, заведующего кафедрой прикладной физики физического факультета Национального исследовательского Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, г. Саратов. Без замечаний.

6. От Смольского Сергея Михайловича, д-ра техн. наук, профессора, профессора кафедры формирования и обработки радиосигналов института

Радиотехники и электроники ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», (г. Москва). Без замечаний.

7. От Царапкина Дмитрия Петровича, д-ра техн. наук, профессора, профессора кафедры формирования и обработки радиосигналов ФГБОУ ВПО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», (г. Москва). В отзыве имеются замечания: 1) в работе, по-видимому, не учитывается внутренняя инерционность диода Ганна, проявляющаяся в том, что установление новой структуры поля в активном слое диода (а соответственно, радиотехнических параметров диода) после изменения нагрузки занимает несколько периодов высокочастотных колебаний; 2) неясно, учтена ли тепловая инерционность диода Ганна.

8. От Роженцова Алексея Аркадьевича, д-ра техн. наук, профессора, заведующего кафедрой радиотехнических и медико-биологических систем ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный технологический университет», г. Йошкар-Ола. В отзыве имеются замечания: 1) в автореферате отсутствует информация о личном вкладе автора в проведенном исследовании гибридно-интегральных модулей миллиметрового диапазона; 2) большой объем включенных в автореферат промежуточных аналитических выкладок затрудняют восприятие материала в целом; 3) введенное автором большое количество новых терминов и их благозвучность нуждаются в обсуждении в научных коллективах.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их достаточной компетентностью в области разработки и исследования устройств диапазонов сверхвысоких частот и крайне высоких частот, наличием публикаций в рецензируемых журналах по этой тематике.

Выбор ведущей организации обосновывается наличием у ведущей организации достижений по разработке и исследованию систем ближней радиолокации, наличием специализированных лабораторий и отделов, большого числа квалифицированных специалистов, способных объективно определить научную и практическую ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработаны:** 1) новая математическая модель автодинного генератора, в том числе со стабилизацией частоты внешним высокочастотным резонатором, учитывающая одновременное воздействие собственного отражённого излучения и внутренних шумов активного элемента, которая позволила установить качественно новые закономерности формирования сигнальных и шумовых характеристик; 2) экспериментальная методика расчёта основных параметров и характеристик автодинов по данным известных аппроксимационных характеристик СВЧ генераторов (коэффициентов автодинного усиления, девиации частоты и автодетектирования; параметров энергетического потенциала и динамического диапазона); 3) новая методика решения обратной задачи по определению внутренних параметров генераторов (коэффициентов неизохронности, неизодромности, амплитудно-частотного смещения и дифференциальных параметров активного элемента) с использованием экспериментально полученных автодинных характеристик; 4) рекомендации по созданию новых типов монолитных и гибридно-интегральных автодинных модулей СВЧ диапазона, стабилизированных по частоте с помощью дополнительного высокочастотного резонатора; 5) методические рекомендации по использованию автодинных генераторов в качестве датчиков вибраций в условиях сильной обратной связи; 6) автодинный радиолокатор для измерения скорости и направления перемещения вагонов на парковых путях сортировочной станции;

- **предложены:** 1) оригинальная структурная схема автодинной системы «генератор – отражающий объект», в которой автодинный генератор, находящийся под воздействием собственного отражённого от объекта локации излучения, по отношению к изменениям режима стационарных колебаний может быть представлен в виде системы с внутренней и внешней обратной связью; в этой системе внешняя обратная

связь обусловлена запаздывающим воздействием отражённого излучения, а внутренняя обратная связь – неизодромностью и неизохронностью генератора; 2) использование двухдиодного автодина с внешним высокодобротным резонатором в радиолокаторе для измерения скорости и направления перемещения вагонов на парковых путях сортировочной станции; 3) замена в системе радиолокационного зондирования атмосферы свехрегенеративного приёмопередатчика на автодинный;

- **доказаны:** 1) наличие периодической нестационарности среднеквадратических уровней шумов на выходах автодинной системы в случае, когда параметр внешней обратной связи соизмерим с единицей (снизу); 2) уменьшение степени искажений сигналов и уровня частотных шумов автодинных генераторов благодаря стабилизации частоты генерации с помощью внешнего высокодобротного резонатора обеспечивает расширение динамического диапазона системы ближней радиолокации на величину, определяемую коэффициентом стабилизации;

- **введены** новые для теории автодинов термины «*неизодромность*», «*частотное детектирование*», «*коэффициент стабилизации*» и др., обеспечивающие удобство и сокращение текстовой части описания процессов в генераторах.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны новые научные положения, расширяющие представления о функционировании автодинных генераторов КВЧ диапазона и протекающих в них явлениях, существенно развивающие и дополняющие теорию автодинных систем.

Применительно к проблематике диссертации результативно использованы новые экспериментальные и теоретические методы исследования автодинов, позволившие получить достоверные данные об их параметрах и характеристиках; **изложена** идея применения в качестве колебательной системы интегральных автодинов конструктивно объединённых с активным элементом генератора высокодобротных

резонансных структур, выполненных в виде распределённых брэгговских отражателей; **раскрыты** ограничения существующей теории автодинов, в которой не учитывалось наличие внутренней обратной связи в генераторе за счёт его неизохронности и неизодромности, характерной генераторам КВЧ диапазона; **изучено** влияние внутренней и внешней обратных связей в автодинной системе «генератор – отражающий объект» на условия устойчивости, а также на установление причинно-следственных связей между параметрами используемого генератора, внешним воздействием и откликом; **проведена модернизация** существующей математической модели автодинной системы за счёт учёта внутренних обратной связи в генераторе и шумов, обеспечивающей получение новых результатов по теме диссертации;

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

разработаны:

– опытный образец автодинного радиолокатора КВЧ диапазона для измерения скорости и направления перемещения вагонов на парковых путях сортировочной станции; данный образец применялся при выполнении НИР по договору № 919 от 28 сентября 2012 года с ОАО «Российские железные дороги» (ОАО «РЖД»); радиолокатор выполнен на базе двух (спаренных) автодинных гибридно-интегральных модулей «Тигель-08» со стабилизацией частоты внешним высокочастотным резонатором и прошёл натурные испытания на сортировочной станции «Екатеринбург-Сорт» (соответствующие акты в деле имеются);

– автодинный генератор КВЧ диапазона на базе гибридно-интегрального модуля «Тигель-08» со стабилизацией частоты внешним высокочастотным резонатором при выполнении НИР «Исследование гибридно-интегральных автодинных модулей миллиметрового диапазона» по договору с ОАО «НИИПП» (г. Томск) (соответствующие акты в деле имеются);

– волноводный измерительный стенд для исследования автодинов с компьютерной обработкой данных и представлением информации;

определены перспективы практического применения разработанной теории расчёта параметров и характеристик автодинных генераторов;

создана система методических рекомендаций по проектированию, расчёту и радиолокационному использованию автодинных модулей СВЧ и КВЧ диапазона; рекомендации включены в отчёты НИР по договору с ОАО «НИИПП», а также включены в отчёт НИОКР № 57/03111 от «07» июля 2010 г. «Исследование и разработка системы радиозондирования атмосферы на основе спутниковых платформ GPS/ГЛОНАСС, модернизация радиозондов типа МРЗ-3 для аэрологической сети Росгидромета»;

представлены методические рекомендации по выбору способа и режима регистрации, а также рабочей точки при использовании автодина в качестве датчика параметров вибраций.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ по исследованию параметров и характеристик автодинов использовались радиоизмерительные приборы, проходящие периодическую поверку в государственных службах стандартизации метрологии и сертификации; волноводный стенд для исследования автодинов (нестандартное оборудование) калибровался при каждом изменении элементов его структуры; полученные экспериментальные данные проверялись на воспроизводимость результатов исследований при различных условиях;

- **теория** построена на известных методах анализа линейных и нелинейных электрических цепей, основана на данных предшествующих исследований автодинов, в том числе гибридно-интегральных модулей КВЧ диапазона, изложенных, например, в кандидатской диссертации С.Д. Воторопина (Расчёт и создание гибридно-интегральных схем миллиметрового диапазона длин волн на многомезовых диодах Ганна // Томск: ТГУ, 2002);

- **идея** проведения исследований **базируется** на обобщении и дальнейшем развитии полученных за последние 15 лет материалов по

изучению автодинных модулей, опубликованных различными коллективами авторов;

- **использованы** для сравнения с авторскими данными данные докторских диссертаций Д.П. Царапкина (Методы генерирования СВЧ колебаний с минимальным уровнем фазовых шумов // Москва: МЭИ, 2004) и А.С. Шаповалова (Исследование особенностей трансформации флуктуаций в радиоэлектронных системах СВЧ с повышенным уровнем собственных шумов // Саратов: СГУ, 2002), кандидатской диссертации С.Д. Воторопина, а также других работ по теме диссертации или по смежным отраслям в зарубежной и отечественной литературе;

- **установлено** качественное совпадение авторских результатов с результатами докторских диссертаций Д.П. Царапкина и А.С. Шаповалова для случая предельного перехода к режиму автономных колебаний при отсутствии отражённого от объекта излучения; полученные данные по автодинному режиму работы генератора, благодаря накопленным новым данным, уточняют старые представления, которые были развиты в диссертации С.Д. Воторопина и других работах;

- **использованы** современные методики сбора и обработки исходной информации о работе автодинного генератора, основанные на технологиях автоматизации проводимых экспериментальных измерений.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном его участии на всех этапах процесса исследований и получения научных данных, включая этапы теоретических исследований и апробации полученных результатов, разработки экспериментального стенда и автодинных радиолокаторов, обработки и интерпретации экспериментальных данных, а также подготовки основных публикаций по выполненной работе и внедрения полученных результатов.

На заседании 26 декабря 2014 года диссертационный совет принял решение присудить Игнаткову К.А. ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за - 14, против - 1, недействительных бюллетеней - нет.

Председатель

диссертационного совета

Ученый секретарь

диссертационного совета



Князев Сергей Тихонович

Зраенко Сергей Михайлович

«26» декабря 2014 года.