

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.243.01 НА БАЗЕ  
ФГБОУ ВПО «САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
(МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ)  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 24 июня 2015 г., № 45

О присуждении *Фролову Никите Сергеевичу, гражданину РФ*,  
ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация "*Колебательные процессы, синхронизация и усиление сигналов в низковольтном виркаторе и виртоде*" по специальностям 01.04.03 Радиофизика и 01.04.04 Физическая электроника принята к защите 21.04.2015, протокол №\_41, диссертационным советом Д212.243.01 на базе федерального бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования (ФГБОУ ВПО) "Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского" (Министерство образования и науки РФ), 410012, г. Саратов, ул. Астраханская, д. 83, приказ о создании совета от 15.02.2013, №75-нк.

Соискатель Фролов Никита Сергеевич, 1992 года рождения, в 2012 году окончил ФГБОУ ВПО "Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского" по специальности "Радиофизика"; в 2015 году досрочно освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре ФГБОУ ВПО "Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского" по специальности 01.04.03 "Радиофизика".

Диссертация выполнена на кафедре электроники, колебаний и волн факультета нелинейных процессов ФГБОУ ВПО "Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского" (Министерство образования и науки РФ).

Научные руководители:

1. Доктор физико-математических наук, профессор *Храмов Александр Евгеньевич*, ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Научно-образовательный центр "Нелинейная динамика сложных систем", ведущий научный сотрудник;



2. Кандидат физико-математических наук, *Куркин Семён Андреевич*, ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», кафедра физики открытых систем факультета нелинейных процессов, доцент.

Официальные оппоненты:

1. *Комаров Дмитрий Александрович*, доктор технических наук, доцент, ФГУП "НПП" Торий", заместитель начальника научно-технического комплекса по разработкам.

2. *Прохоров Михаил Дмитриевич*, доктор физико-математических наук, доцент, ФГБУН Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН, Саратовский филиал, лаборатория моделирования в нелинейной динамике, заведующий лабораторией.

дали *положительные* отзывы на диссертацию.

Ведущая организация АО "НПП "Алмаз", г. Саратов, в своем положительном заключении, подписанном Кудряшовым Валерием Павловичем, доктором технических наук, профессором, заместителем директора по научной работе НПЦ "Электронные системы" АО "НПП "Алмаз", Петросяном Александром Ивановичем, кандидатом физико-математических наук, ведущим научным сотрудником НПЦ "Электронные системы" АО "НПП "Алмаз", указала, что диссертация Н.С. Фролова представляет собой законченное научное исследование актуальной проблемы на стыке современной радиофизики и физической электроники, а также удовлетворяет требованиям п. 9-14 "Положения о присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года, № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Фролов Никита Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 - радиофизика и 01.04.04 - физическая электроника.

Соискатель имеет 27 опубликованных работ, все по теме диссертации, 9 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, 12 работ соискателя опубликованы в материалах всероссийских и международных научных конференций; 5 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Наиболее значимые работы:

1. Phrolov N.S., Koronovskii A.A., Kalinin Ju.A., Kurkin S.A., Starodubov A.V., Hramov A.E. The effect of an external signal on output microwave power of a low-voltage vircator // Physics Letters A. 2014. V. 378. N. 32-33. P. 2423–2428.



2. Короновский А.А., Москаленко О.И., Павлов А.С., Фролов Н.С., Храмов А.Е. Обобщенная синхронизация в случае воздействия хаотического сигнала на периодическую систему // ЖТФ. 2014. Т. 84. № 5. С. 1-8.

3. Фролов Н.С., Максименко В.А., Ильенко К., Короновский А.А., Храмов А.Е. Применение спектра показателей Ляпунова для анализа динамики пучково-плазменных систем, моделируемых с помощью метода крупных частиц // Изв. РАН. Сер. физическая. 2014. Т. 78. № 2. С. 237-240.

4. Moskalenko O.I., Phrolov N.S., Koronovskii A.A., Hramov A.E. Synchronization in the network of chaotic microwave oscillators // Eur. Phys. J. Special Topics. 2013. V.222. P. 2571-2582.

5. Фролов Н.С. Динамика электронного потока с виртуальным катодом в низковольтном виркаторе под внешним гармоническим воздействием // Изв. Вузов. Прикладная нелинейная динамика. 2013. Т. 2. № 3. С. 152-159.

6. Фролов Н.С., Короновский А.А., Храмов А.Е. Исследование характеристик генерации в цепочке однонаправленно связанных низковольтных виркаторов // Изв. РАН. Сер. физическая. 2011. Т. 75. № 12. С. 1697-1700.

На автореферат поступило 5 положительных отзывов:

из "Российского федерального ядерного центра - Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики" (г. Саров) от д.ф.-м.н., доцента Дубинова А.Е, из Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники (Республика Беларусь, г. Минск) от д.ф.-м.н., профессора Кураева А.А.; из Волгоградского государственного технического университета от д.ф.-м.н., профессора Шеина А.Г.; из университета Лафборо (Великобритания, г. Лафборо) от к.ф.-м.н. Баланова А.Г., из Томского государственного университета от к.ф.-м.н. Пойзнера Б.Н. и к.ф.-м.н. Измайлова И.В.

В отзывах на автореферат содержатся замечания о недостаточности внимания к спектральным характеристикам генерируемого и усиливаемого сигнала, а также к вопросу о чистоте спектра вблизи несущей и возможности создания квазишумовых приборов; о стилистических погрешностях и использовании неудачных терминов, встречающихся в тексте автореферата.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается соответствием уровня квалификации оппонентов и сотрудников ведущей организации требованиям п. 22 «Положения о присуждении ученых степеней» и тематике диссертационной работы, что находит отражение в списках опубликованных ра-



бот официальных оппонентов и сотрудников оппонировавшей организации в ведущих отечественных и зарубежных научных изданиях за последние 5 лет.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** теоретическая модель поведения интенсивного электронного пучка со сверхкритическим током в режиме формирования виртуального катода под воздействием внешних сигналов за счет предварительной скоростной модуляции пучка на частоте внешнего воздействия. Согласно данной модели был теоретически описан процесс группировки электронного потока с виртуальным катодом в присутствии предмодуляции пучка внешним сигналом. Исследования показали хорошее согласие теоретических результатов с численным анализом и экспериментальными данными.

**предложена** новая схема усилителя мощности СВЧ сигналов, на основе релятивистского электронного пучка с виртуальным катодом. Особенности разработанного усилительного прибора являются эффективное усиление мощных СВЧ сигналов с высоким коэффициентом усиления по мощности, простота конструкции, работа без внешнего магнитного поля.

**доказано** по результатам численных расчетов увеличение эффективности работы генератора на виртуальном катоде при достижении мощностью внешнего воздействия оптимального значения. Показано, что резкий рост выходной мощности виркатора в зависимости от мощности входного сигнала связан с установлением синхронизации между динамикой пучка и внешним воздействием.

**введены** критерии установления хаотической синхронизации в системе связанных колебательных систем пучково-плазменной природы при формировании в пучках виртуального катода.

Теоретическая значимость обусловлена разработкой теоретической модели электронного потока с виртуальным катодом под внешним воздействием, проведением численного моделирования нестационарных процессов в пучке в рамках как одномерной модели пучка, так и трехмерной полностью электромагнитной модели. Помимо этого детально рассмотрено влияние внешней обратной связи на поведение электронного пучка с виртуальным катодом и характеристики выходного излучения на примере схемы двухззорного виркатора.

Изложены основные условия, приводящие к значительному росту выходной мощности и повышению КПД приборов с виртуальным катодом, за счет внешнего



воздействия, вводимого посредством предварительной скоростной модуляции пучка.

Проведена модернизация существующей схемы релятивистского двухзачорного виркатора для работы в режиме усиления внешних мощных СВЧ сигналов. Численное моделирование данного СВЧ усилителя показало высокую эффективность его работы.

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

**разработаны и внедрены** программы одномерного численного моделирования нестационарных процессов в виркаторах под внешним воздействием, а также в связанных виркаторах. Разработанные программы применялись в практических исследованиях при выполнении государственных научных контрактов и грантов.

Результаты диссертации рекомендуются для использования на предприятиях электронной промышленности (ФГУП «НПП «Алмаз», г. Саратов, ФГУП «НПП «Исток», г. Фрязино, ФГУП «НПП «Торий», г. Москва).

Достоверность результатов исследования обоснована использованием "метода крупных частиц" для численного моделирования процессов в электронных пучках и плазме. Для анализа различных типов хаотической синхронизации использовались известные и хорошо апробированные подходы, такие как метод вспомогательной системы, расчет спектра показателей Ляпунова, а также непрерывное вейвлетное преобразование, адаптированные с учетом специфики анализируемой системы с виртуальным катодом. Результаты теоретических, численных и экспериментальных исследований находятся в хорошем согласии друг с другом. Экспериментальные данные, с которыми сравнивались полученные теоретические результаты, предоставлены научной группой под руководством д.т.н. профессора Калинина Ю.А. (Саратовский государственный университет). Помимо этого проведено сравнение с результатами экспериментов, проведенных в научных группах Красика Я.Е. и Шлапаковского А.С. (институт Технион, г. Хайфа, Израиль) и Пегеля И.В. (Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск).

Личный вклад соискателя состоит в участии соискателя на всех этапах исследования, в частности им были разработаны теоретическая модель и численные схемы для изучения нестационарных процессов в электронных пучках под воздействием внешнего сигнала, проведены анализ, объяснение и интерпретация полученных результатов.

Диссертация удовлетворяет требованиям п. 9 действующего «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальностям 01.04.03 – радиофизика и 01.04.04 – физическая электроника.

На заседании 24.06.2015 диссертационный совет принял решение присудить Фролову Н.С. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.04.03 – радиофизика и 6 докторов наук по специальности 01.04.04 – физическая электроника, участвовавших в заседании, из 31 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за 22, против – нет недействительных бюллетеней – нет.

Председатель  
диссертационного совета

Ученый секретарь  
диссертационного совета

24 июня 2015 г.



Усанов Дмитрий Александрович

Аникин Валерий Михайлович