

РАДИОФИЗИКА. РАДИОТЕХНИКА

УДК 621.385.6–048.34

**МОЩНЫЕ ПРИБОРЫ СВЕРХВЫСОКИХ ЧАСТОТ.
НЕЛИНЕЙНАЯ ТЕОРИЯ И ЧИСЛЕННАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ**

А.А. КУРАЕВ, Т.Л. ПОПКОВА, А.К. СИНИЦЫН

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровки, 6, Минск, 220027, Беларусь**Поступила в редакцию 20 декабря 2014*

Кратко изложены основные результаты исследования и оптимизации мощных электронных приборов сверхвысоких частот, полученные в БГУИР. Приведены принципиальные аспекты оригинальных достижений в области нелинейной теории, методов оптимизации, трактовки физики оптимальных процессов и предсказанных эффектов нелинейного взаимодействия мощных электронных потоков с электромагнитными полями.

Ключевые слова: электронные приборы сверхвысоких частот, коэффициент полезного действия, нелинейная теория, оптимизация, нерегулярные волноводы, новые физические эффекты.

Введение

Научное направление, название которого вынесено в заголовок статьи, сформировалось в БГУИР (тогда – МРТИ) в 1969 г. Его становление связано с работами по созданию в СССР новых эффективных систем противовоздушной обороны (ПВО) и противоракетной обороны (ПРО), а также созданием мощных приборов миллиметрового диапазона для нагрева термоядерной плазмы в токамаках и радиолокационных системах в этом диапазоне. Разработка мощных и сверхмощных приборов СВЧ – весьма дорогостоящий процесс, он невозможен без привлечения адекватных методов моделирования и оптимизации нелинейных процессов взаимодействия мощных электронных потоков с электромагнитными полями нерегулярных электродинамических систем в этих приборах. В 1969 г. не существовало ни строгой трехмерной теории такого взаимодействия, ни эффективных методов решения задач оптимального управления динамическим процессом нелинейного взаимодействия. Поэтому решение задач создания строгой теории мощных электронных приборов сверхвысоких частот (СВЧ) и методов численной оптимизации таких приборов проводилось в большей части впервые. Наиболее интересные результаты этих решений перечислены ниже. Подробные материалы о них можно найти в цитируемых 272 публикациях, включая 12 монографий.

В исследованиях по различным аспектам указанного научного направления БГУИР принимали участие 20 докторов наук, профессоров: Аксенчик А.В., Байбурун В.Б., Батура М.П., Гуляев Ю.В. (академик РАН), Жураховский В.А., Ильинский А.С., Ковалев И.С. (чл.-кор. НАН), Колосов С.В., Короновский А.А., Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Нефедов Е.И., Рудницкий А.С., Синицын А.К., Слепян Г.Я., Стекольников А.Ф., Трубецков Д.И. (чл.-кор. РАН), Пустовойт В.И. (академик РАН), Храмов А.Е., Ширков Г.Д. и 47 сотрудников различных организаций: Азарян Н.С., Батурицкий М.А., Будагов Ю.А., Бурцев А.А., Глаголев Ю.А., Гуревич А.В., Гуринович А.Б., Демидович Е.М., Демин Д.Л., Дикун Т.Ф., Ежов Г.И., Еремка В.Д., Закалюкин А.Б., Ильин Е.М., Качинская О.А., Кижлай И.Н., Киринович И.Ф., Кобылинский Ю.В., Красько С.А., Куркин С.А., Лавренев А.А., Лук Л.Н., Лукашевич В.Д., Лукашенко Д.В., Лущицкая И.В., Матвеев В.В., Навроцкий А.А.,

Наранович О.И., Оленин В.Д., Парамонов Б.М., Плоткина С.М., Попкова Т.Л., Рак А.О., Рвачев В.А., Родионова В.Н., Сенько А.В., Слепян А.Я., Соловей М.П., Степухович В.А., Трубников Г.В., Харсеев А.П., Цырельчук И.Н., Шакирин А.И., Шевченко Ф.Г., Шестакович В.П., Щербаков А.В., Яроменок С.И. Их вклад отражен в списке публикаций по научному направлению БГУИР.

Теория возбуждения произвольно-нерегулярных волноводов и резонаторов

Для полной оптимизации электронных приборов СВЧ вместе с параметрами этих приборов необходима также и оптимизация профиля их электродинамических систем, в качестве которых используются отрезки нерегулярных волноводов – полых, коаксиальных и спиральных. Таким образом, возникает задача создания строгой теории возбуждения нерегулярных волноводов электронными потоками. Эта задача для полых волноводов с круговым сечением на симметричных типах волн с использованием электродинамических потенциалов решена в работах [13, 34, 35], для спиральных в импедансном приближении – в [33, 46, 104, 105]. Электродинамическая теория и расчет спиральных замедляющих систем развиты в [185, 192, 266]. Строгая теория возбуждения произвольно-нерегулярных полых волноводов, основанная на отображении внутренней поверхности нерегулярного волновода на регулярный цилиндр, изложена в статье [42]. Эта теория затем развита в работах [46, 86, 88, 90, 104, 105, 116, 132–134, 142, 144, 145, 147, 149, 153, 157, 159, 161, 166, 169, 170, 190, 200, 208, 215, 231, 232, 236, 238, 244]. Основы строгой теории возбуждения произвольно нерегулярных коаксиальных волноводов сформулированы в статье [146] и затем развиты в работах [165, 177, 190, 200, 208, 215]. Теория возбуждения нерегулярных волноводов с прямоугольным сечением развита в работах [168, 175]. Теория возбуждения нерегулярных цепочек связанных резонаторов сформулирована в работах [162, 163, 171, 172, 174, 176, 178, 196]. Общая теория возбуждения нерегулярных волноводов дополнена в последние годы численными методами расчета закритических волн в таких системах, основанными на использовании специально разработанных дискретно определенных Т-функций. Обычные пошаговые и сеточные методы в случае закритических на отдельных участках волновода волн расходятся, но учет таких волн необходим, поскольку они существенно влияют на характеристики нерегулярного волновода. Устойчивые методы расчета нерегулярных волноводов развиты в [189, 199, 243, 244, 247, 265].

В работе [138] строго решена задача возбуждения резонаторов с конечной проводимостью стенки. Здесь показано, что в традиционных решениях (включая приведенные в учебниках) имеются существенные ошибки, не позволяющие использовать их в задачах расчета и оптимизации приборов СВЧ. В работах [17, 48, 56, 62, 64, 66, 68, 75, 77, 80, 81, 89, 100, 107, 188, 217, 229, 230, 233, 235] развиты строгие методы расчета локальных неоднородностей и элементов связи в нерегулярных волноводах и резонаторах.

Методы расчета и оптимизации профиля рупора релятивистских черенковских генераторов на E_{0i} волнах круглого волновода представлены в [206, 212]. Корректное представление возбуждаемого в волноводах поля дано в [208, 210]. Методы расчета группировки электронов в произвольно-нерегулярной трубке дрейфа с использованием уравнений возбуждения нерегулярных волноводов описаны в [208, 215, 227].

Нелинейная теория трехмерного взаимодействия мощных релятивистских потоков с электромагнитными полями

Для создания адекватных математических моделей электронных приборов различных типов уравнения возбуждения нерегулярных волноводов следует дополнить уравнениями движения электронов в электромагнитном поле, возбуждаемом ими же в волноводе, а также в управляющих статических полях и полях, создаваемых самим электронным потоком (полях пространственного заряда). При полном учете всех факторов система уравнений оказывается замкнутой и отвечает самосогласованному полю. Наиболее сложной задачей, особенно в теории гирорезонансных приборов, является расчет поля пространственного заряда. Достаточно упомянуть, что строгой теории взаимодействия электронов, неравномерно движущихся с релятивистскими скоростями, до сих пор нет.

В БГУИР на основе разделения квазистатических и динамических составляющих поля пространственного заряда, а также специального порядка объединения фаз вращения электронов, впервые решена задача строгого расчета полей пространственного заряда поливинтовых электронных потоков [10, 13, 14, 16, 19, 27, 30–32, 36, 37, 46, 82, 104, 105] и упорядоченных винтовых потоков [43]. Аналогично решена задача о релятивистских силах взаимодействия в приборах типа «О», причем, впервые указано на необходимость учета «самодействия» крупных частиц, моделирующих электронный поток [51, 58, 46, 104, 105, 109, 114, 120, 162, 163, 171, 172, 174, 176, 178]. Созданные универсальные самосогласованные нелинейные релятивистские уравнения позволили не только проводить оптимизацию традиционных приборов, но и осуществить поиск новых эффективных механизмов взаимодействия электронных потоков с электромагнитными полями, которые могут быть положены в основу новых типов приборов СВЧ [70].

Вариационно-итерационный метод решения задач оптимального управления нелинейными динамическими системами

Уравнения самосогласованного поля относятся к типу уравнений нелинейной динамической системы. Порядок этой системы нелинейных дифференциальных уравнений составляет от 34 до 400. Решение ее возможно только численными методами и весьма трудоемко. Поэтому при решении задачи оптимального управления нелинейным процессом взаимодействия к методу ее решения предъявляются весьма жесткие требования в отношении устойчивости и скорости сходимости. Ни один из существующих теоретических и прикладных методов в области современной теории оптимального управления для этой цели не подходит. В БГУИР был сформулирован специальный вариационно-итерационный метод, обеспечивающий и устойчивость, и скорость сходимости к точному решению, АУС-метод [3, 9, 24, 28, 33–35, 40, 46, 104, 105, 137, 139, 141, 155, 173, 208, 209]. Метод основан на многопараметрической аппроксимации управлений и на использовании аналитических формул составляющих градиента целевой функции, определенных на решениях сопряженной по Гамильтону системы уравнений. Формулы составляющих градиента получены с использованием вариационных методов. Движение к минимуму целевой функции в пространстве оптимизируемых параметров (включая параметры аппроксимации управлений) осуществляются с помощью градиентных методов минимизации с переменной метрикой типа методов ДФП и Гольдфарба. Аналитические формулы градиента целевой функции решают две задачи: ускоряют решение в $\frac{n+3}{4}$ раза (n – общее число оптимизируемых параметров); обеспечивают точность определения градиента целевой функции, равную точности решения уравнений состояния (т.е. нелинейных уравнений модели прибора). Последнее обеспечивает сходимость метода минимизации. Вычислительная процедура также существенно улучшена за счет использования метода рационального исчисления [156, 167].

Результаты оптимизации мощных электронных приборов СВЧ

Разработанные математические модели и АУС-метод позволили создать комплекс программ оптимизации ряда типов электронных приборов СВЧ, которые были использованы на ведущих предприятиях и НИИ бывшего СССР для разработки высокоэффективных образцов мощных приборов СВЧ различного применения. Ниже перечислены основные публикации по результатам оптимизации и исследованию указанных приборов в БГУИР.

1. Гиротроны, гироклистроны, гиротвистроны, гиро-ЛБВ [1, 2, 4–22, 25–32, 34–39, 41, 43–46, 49, 55, 70, 78, 82, 85, 90, 93, 95, 104, 105, 116, 119, 135, 136, 144, 150, 166, 207, 208, 214, 215, 218, 236, 256, 258, 260]. Разработанные в БГУИР программы оптимизации гирорезонансных приборов использованы в НИИ «Исток» и ИПФ АН СССР, что способствовало разработке гирорезонансных приборов с рекордным до настоящего времени комплексом показателей.



Рис. 1. Гиротроны мегаваттного уровня трех диапазонов; справа налево: 110 ГГц, 95 ГГц, 170 ГГц (IVEC – 2012. Р.109)



Рис. 2. Гиро-ЛБВ на испытательном стенде (IVEC – 2012. Р. 218)

2. Многорезонаторные клистроны (МРК), включая релятивистские [46, 51, 58, 60, 83, 96, 104, 105, 129, 176]. Программы оптимизации МРК, созданные в БГУИР, использовались в НИИ «Титан» при создании прототипа МРК одного из каналов ЗРК С-300 и затем при его модернизации. МРК с КПД 76 % до сих пор остается рекордным в своем диапазоне длин волн.



Рис. 3. Импульсный клистрон 9,3 ГГц с пиковой мощностью 5,4 МВт и КПД 43 % (IVEC – 2012. Р.168)

3. Лампы бегущей волны (ЛБВ) и обратной волны (ЛОВ), включая релятивистские [33, 46, 53, 61, 70, 71, 91, 97, 104, 105, 109, 112, 118, 120, 121, 125, 128, 131–134, 142, 143, 145, 147, 149, 153, 154, 157, 159–163, 165, 166, 168–174, 176, 178, 193, 196, 197, 201, 202, 204, 208, 211, 213, 215, 219, 223–226, 236, 244–246, 249, 263, 264, 266]. С использованием разработанных в БГУИР программ оптимизации релятивистских ЛБВ-ЛОВ в Московском РТИ (ОКБ «Горизонт») успешно разработаны сверхмощные приборы типа «О» гигаваттного уровня.



Рис. 4. Пакетированная ЛБВ диапазона 1,9–2,7 ГГц мощностью 1кВт (IVEC – 2012. Р.128)

4. Орбитроны, оротроны [50, 56, 59, 62, 64, 68, 79, 158, 179, 180, 221, 242, 268].



Рис. 5. Фотография разобранного лабораторного макета 0,1 ТГц орбитрона–генератора

5. Пениотроны [102, 105, 117, 122–124, 140, 152, 158, 194, 203, 208].

6. Девятисекционный сверхпроводящий ниобиевый резонатор линейного ускорителя электронов и позитронов [259, 261, 262, 267].

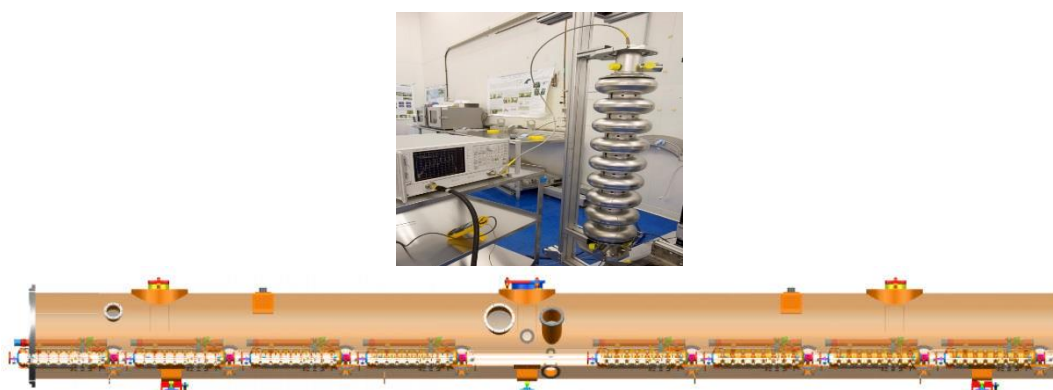


Рис. 6. Фотография девятисекционного сверхпроводящего резонатора на 1,3 ГГц и участок криогенной секции коллайдера

7. Релятивистские ЛБВ и ЛОВ на нерегулярных волноводах с катодным фильтром-модулятором [228–233, 263, 264].



Рис. 7. Черенковский генератор гигаваттного уровня пиковой мощности на 10 ГГц (ИСЭ СО РАН, ИЭФ УрО РАН)

Новые типы мощных электронных приборов СВЧ

Поиск новых механизмов генерации и усиления электромагнитных волн на основе комплекса программ, образующих цикл вычислительного эксперимента [70], привел к обоснованию возможности создания следующих эффективных типов приборов СВЧ.

8. Гиротон. Прибор с круговой разверткой предварительно прямолинейного релятивистского электронного потока (РЭП) во вращающемся несинхронном поле и последующим гирорезонансным отбором энергии РЭП. Механизм действия этого прибора принципиально допускает достижение КПД 100 % для тонкого (по отношению к рабочей длине волны) РЭП [54, 57, 63, 65, 69, 74, 84, 87, 94, 95, 99, 101, 104–106, 108, 110, 111, 113, 123, 127, 148, 151, 220, 255]. Гиротон простейшей (двухкаскадной) конструкции реализован в ОИЯИ СО АН СССР в 1986 г. с КПД 75 %.

9. Гиротрон с наклонным относительно оси двухзеркального резонатора широким спирализированным электронным потоком [1] и гиротрон с четырехзеркальным резонатором бегущей Т-волны [103, 105, 126, 182, 186, 187, 198, 205, 269, 270, 272]. В таких гиротронах отсутствует эффект динамического расслоения электронного потока и поэтому их выходная мощность принципиально не ограничена.

10. Гиротрон с составными (разного диаметра) резонаторами [6, 12, 20, 21, 25, 29, 38, 39]. В таких гиротронах решается проблема устойчивости по отношению к паразитным колебаниям. Эти гиротроны изготавливаются в ИПФ АН СССР с 1984 г.

11. Гироклистрон с резонатором на второй гармонике циклотронной частоты [135, 183]. В таком гироклистроне КПД повышается на 10 % за счет компенсации перегруппировки в центре фазового сгустка, обусловленной действием сил пространственного заряда.

12. Коаксиальный гироклистрон с радиальным электростатическим полем [115, 119]. В таком гироклистроне снижается эффект углового разброса скоростей электронов, повышается КПД и появляется возможность фазовой модуляции выходного сигнала электрическим полем.

13. Гиротрон с магнитным зеркалом [136, 184]. В таком гиротроне резко снижается пусковой ток.

14. Клистрон-удвоитель с поперечной модуляцией электронного потока [92, 108, 111, 181]. Как удвоитель этот прибор имеет высокий КПД. Способ формирования электронного сгустка в КПМ использован в Московском РТИ при создании ускорителя с поворотным магнитным полем.

15. Коаксиальный оротрон [50, 59, 62, 64, 179, 180, 268]. Такой оротрон имеет повышенную мощность, в нем могут быть реализованы оптимальные распределения ВЧ поля и он имеет удобную систему перестройки резонатора.

16. ЛБВ с винтовым электронным потоком и профилированным магнитным полем [118]. В такой ЛБВ условия оптимального взаимодействия обеспечиваются неоднородным магнитным полем, управляющим осевой скоростью электронов, и поэтому нерегулярная замедляющая система в нем не нужна.

17. ЛБВ с авторегулировкой замедления [143]. В такой ЛБВ оптимальное замедление по длине области взаимодействия регулируется самим усиливаемым сигналом за счет использования нелинейных диэлектрических и магнитных элементов в конструкции замедляющей системы.

18. Диотрон [130] – коаксиальный диодный генератор, не требующий фокусирующих магнитов.

19. Миллиметровые и субмиллиметровые ЛБВ и ЛОВ на волнообразно изогнутых волноводах [240, 241, 271].

20. Способ измерения ультравысокой собственной добротности сверхпроводящего резонатора на основе возбуждения его электронным потоком [267].

21. Радиальный клинооротрон [257].

22. Двухволновой гиротон на модах шепчущей галереи [254, 260].

23. Гиротон – умножитель частоты [253].

24. Гиротрон на E_{0i} моде гофрированного волновода [251].

25. Коаксиальный гироклинотрон [250, 270].

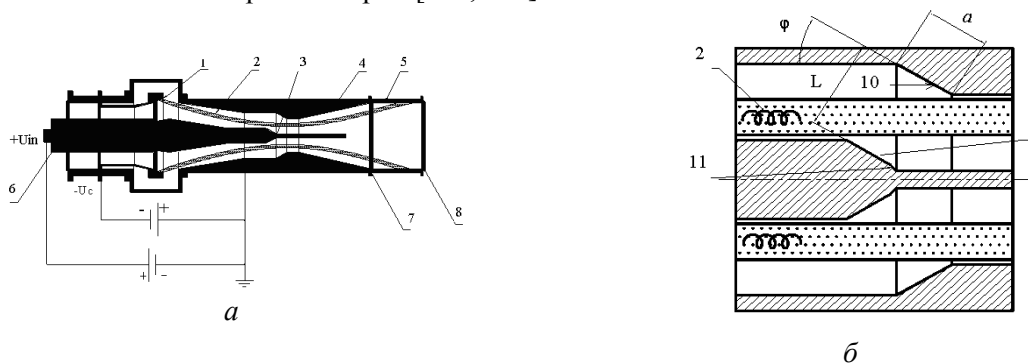


Рис. 8. Схема коаксиального гироклинотрона: *а* – общий вид, *б* – конический резонатор: 1 – кольцевой катод; 2 – широкий трубчатый спирализованный поток электронов; 3 – открытый коаксиально-конусный резонатор; 4 – анодный блок; 5 – коллектор электронов; 6 – внутренний проводник коаксиала; 7 – изолятор коллектора; 8 – вакуумноплотная диэлектрическая диафрагма; 9, 10 – внутреннее и внешнее конические зеркала; 11 – поясok для вывода энергии из резонатора

26. Спиральная ЛБВ-О с оптимальным профилем диэлектрических опор [248, 266, 272].

27. Клинооротрон на коаксиальном резонаторе [242, 268].

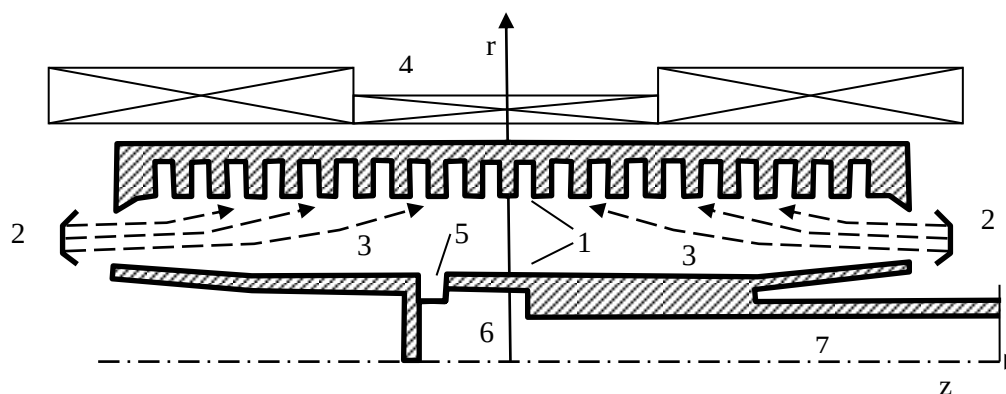


Рис. 9. Схема коаксиального гироклинооротрона: 1 – цилиндрические зеркала, на внешнем зеркале имеется цилиндрическая гребенка; 2 – кольцевые электронные пушки; 3 – осесимметричные электронные трубчатые пучки; 4 – составной соленоид; 5 – азимутальная щель связи; 6 – цилиндрический резонатор; 7 – прямоугольный волновод вывода энергии

28. Гироклинотрон на первой и третьей гармониках гирочастоты [239].

29. Релятивистский клистрон – генератор с пространственно развитым сильноточным пучком [237].

30. Пирамидально-прямоугольная камера для СВЧ-обработки листовых и сыпучих материалов [222].

31. Сверхмощный гиротрон с пьезоэлектрической перестройкой зеркального резонатора бегущей T -волны [191].

32. Гиротон на гофрированном резонаторе [220].

33. Гиротон бегущей волны на спиральном волноводе [148].

Интегралы движения. Новые физические эффекты

Интегралы движения электрона (или законы сохранения) имеют место в электромагнитных полях, обладающих пространственной или пространственно-временной симметрией. 12 законов сохранения сформулированы в работах [15, 35, 46, 52, 67, 104, 105]. Они позволяют получить ценную информацию о специфике процессов взаимодействия электрона с электромагнитными полями, не прибегая к численному решению задач. С другой стороны, являясь точными соотношениями, они позволяют контролировать как точность математических моделей, так и точность численных расчетов.

При исследовании процессов взаимодействия мощных электронных потоков с электромагнитными полями в БГУИР были предсказаны следующие физические явления и эффекты.

1. Излучение в продольном магнитном поле предварительно прямолинейных РЭП при взаимодействии с вращающимися интерферирующими электромагнитными волнами в условиях нормального эффекта Доплера [23, 35, 47, 70, 76, 84, 94, 95, 104, 105, 110, 148, 151].

2. Эффект ускорения фазовой группировки под действием квазистатических сил пространственного заряда [14, 16, 27, 30–32, 35]. Установлена противофазность влияния E - и H -динамических составляющих сил пространственного заряда [37, 41, 44, 44–46, 49, 78, 90, 104, 105].

3. Бистабильность излучения Вавилова-Черенкова в нелинейных средах. [72, 73].

4. «Дефект» КПД в мощных релятивистских приборах типа «О»: часть энергии РЭП запасается в силовом поле фазового сгустка, образованного неравномерно движущимися релятивистскими электронами [109].

5. Смещение резонансной частоты резонатора с конечной проводимостью стенки за счет реактивной составляющей импеданса стенки [138].

6. Разрешены мнимые противоречия в расчетах квадратичных сил электромагнитного поля в системах координат « t » и « z » [131, 216].

7. Эффект группировки O -типа и удвоения частоты сигнала при прохождении поперечно-модулированного РЭП через неоднородность фокусирующего магнитного поля [92].

8. Обратимость линейных изотропных электродинамических структур [195, 252].

9. Генерация наносекундных импульсов в режиме пространственного накопления энергии при черенковском сверхизлучении [234].

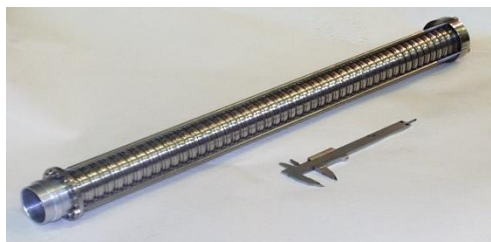


Рис. 10. Неоднородная замедляющая система черенковского генератора импульсов мощностью 1,8 ГВт длительностью 0,7 нс, работающего в режиме сверхизлучения (ИСЭ СО РАН, ИЭФ УрО РАН)

POWERFUL UHF DEVICES. NONLINEAR THEORY AND NUMERICAL OPTIMIZATION

A.A. KURAYEV, T.L. POPKOVA, A.K. SINITSYN

Abstract

The basic results of research and optimization of powerful UHF electronic devices are presented in brief. Their complete description is contained in quoted six monographs and 172 papers, which were published in international and state journals by authors of researches. Only principal aspects of original achievements in area nonlinear theory, the methods of optimization, interpretation of physics of optimal processes and predicted effects of nonlinear interaction of powerful electron beams with electromagnetic waves are quoted from our published papers.

Список литературы

1. Кураев А.А. // РЭ. 1969. Т. 14. № 9. С. 1614–1622.
2. Кураев А.А., Степухович В.А., Жураховский В.А. // Письма в ЖЭТФ. 1970. Т. 11. С. 429–431.
3. Жураховский В.А., Кураев А.А. // Изв. ВУЗов. Радиотехника. 1970. Т. 13. № 9. С. 1137–1139.
4. Ковалев И.С., Кураев А.А., Демидович Е.М., Шевченко Ф.Г. // Докл. АН БССР. 1971. Т. 15. № 8. С. 806–809.
5. Ковалев И.С., Кураев А.А., Демидович Е.М., Шевченко Ф.Г. // Докл. АН БССР. 1971. Т. 15. № 10. С. 896–899.
6. Ковалев И.С., Кураев А.А., Демидович Е.М., Шевченко Ф.Г. // Докл. АН БССР. 1971. Т. 15. № 12. С. 1082–1084.
7. Кураев А.А. Сверхвысокочастотные приборы с периодическими электронными потоками. Минск, 1971.
8. Ковалев И.С., Кураев А.А., Демидович Е.М., Шевченко Ф.Г. // Докл. АН БССР. 1972. Т. 16. № 1. С. 24–27.
9. Ковалев И.С., Кураев А.А. // ДАН БССР. 1972. Т. 16. № 8. С. 698–700.
10. Ковалев И.С., Кураев А.А., Демидович Е.М., Шевченко Ф.Г. // Докл. АН БССР. 1972. Т. 16. № 9. С. 791–794.
11. Ковалев И.С., Демидович Е.М., Колосов С. В., Кураев А.А., Шевченко Ф.Г. // ЭТ. 1972. Вып. 12. С. 85–96.
12. Ковалев И.С., Кураев А.А., Демидович Е.М., Шевченко Ф.Г. // Докл. АН БССР. 1973. Т. 17. № 4. С. 320–322.
13. Ковалев И.С., Кураев А.А., Слепян Г.Я. // Изв. АН БССР. 1973. № 4. С. 87–93.
14. Ковалев И.С., Кураев А.А., Колосов С. В., Слепян Г.Я. // Докл. АН БССР. 1973. Т. 17. № 5. С. 416–419.
15. Ковалев И.С., Кураев А.А., Колосов С.В. // Докл. АН БССР. 1973. Т. 17. № 7. С. 621–624.
16. Ковалев И.С., Колосов С.В., Кураев А.А. // РЭ. 1973. № 7. С. 1525–1528.
17. Слепян Г.Я. // ЖВМиМФ. 1977. Т. 17. № 3. С. 776–70.
18. Ковалев И.С., Кураев А.А., Демидович Е.М., Шевченко Ф.Г. // Докл. АН БССР. 1973. Т. 17. № 8. С. 706–709.
19. Ковалев И.С., Кураев А.А. // Докл. АН БССР. 1973. Т. 17. № 9. С. 812–815.
20. Ковалев И.С., Кураев А.А., Демидович Е.М., Шевченко Ф.Г. // Докл. АН БССР. 1973. Т. 17. № 10. С. 909–912.
21. Ковалев И.С., Кураев А.А., Демидович Е.М., Шевченко Ф.Г. // Докл. АН БССР. 1973. Т. 17. № 11. С. 1007–1010.
22. Ковалев И.С., Кураев А.А., Демидович Е.М., Шевченко Ф.Г. // РЭ. 1973. Т. 18. № 10. С. 2097–2105.
23. Колосов С.В., Кураев А.А. // РЭ. 1973. Т. 18. № 12. С. 2558–2566.
24. Кураев А.А., Колосов С.В. // ЭТ. 1974. Вып. 2. С. 45–58.
25. Ковалев И.С., Колосов С.В., Кураев А.А., Шевченко Ф.Г. // Докл. АН БССР. 1974. № 4. С. 326–329.
26. Кураев А.А., Шевченко Ф.Г., Шестакович В.П. // РЭ. 1974. Т. 19. № 5. С. 1046–1055.
27. Ковалев И.С., Кураев А.А., Колосов С.В., Слепян Г.Я. // РЭ. 1974. Т. 19. № 5. С. 1112–1115.
28. Ковалев И.С., Колосов С.В., Кураев А.А. // Докл. АН БССР. 1974. Т. 18. № 7. С. 604–607.
29. Ковалев И.С., Кураев А.А., Колосов С.В., Стекольников А.Ф. // Докл. АН БССР. 1974. Т. 18. № 9. С. 801–804.
30. Колосов С.В., Кураев А.А. // РЭ. 1974. Т. 19. № 10. С. 2105–2115.
31. Кураев А.А., Слепян Г.Я. // РЭ. 1975. Т. 20. № 1. С. 202–206.
32. Ковалев И.С., Кураев А.А., Колосов С.В., Слепян Г.Я. // Докл. АН БССР. Т. 19. № 1. С. 44–47.
33. Кураев А.А., Слепян Г.Я. // РЭ. 1975. Т. 20. № 5. С. 1019–1029.
34. Колосов С.В., Кураев А.А., Слепян Г.Я., Шевченко Ф.Г. // РЭ. 1975. Т. 20. № 7. С. 1440–1448.
35. Кураев А.А., Ковалев И.С., Колосов С.В. Численные методы оптимизации в задачах электроники СВЧ. Минск, 1975.
36. Кураев А.А., Стекольников А.Ф. // РЭ. 1976. Т. 21. № 1. С. 198–202.
37. Кураев А.А., Слепян Г.Я., Стекольников А.Ф. // РЭ. 1976. Т. 21. № 4. С. 802–810.
38. Кураев А.А., Шестакович В.П. // РЭ. 1977. Т. 22. № 2. С. 415–417.
39. Кураев А.А., Шестакович В.П. // РЭ. 1977. Т. 22. № 2. С. 418–421.
40. Кураев А.А. // ЖВМиМФ. 1978. № 6. С. 1604–1607.
41. Кураев А.А., Стекольников А.Ф. // РЭ. 1978. Т. 23. № 8. С. 1668–1677.
42. Кураев А.А. // Изв. АН БССР. Сер. ФТН. 1979. № 1. С. 121–127.
43. Ковалев И.С., Кураев А.А., Слепян Г.Я., Слепян А.Я. // Изв. АН БССР. 1979. № 1. С. 118–120.
44. Кураев А.А., Стекольников А.Ф. // РЭ. 1979. Т. 24, № 2. С. 362–370.
45. Кураев А.А., Стекольников А.Ф. // РЭ. 1979. Т. 24, № 10. С. 2089–2102.
46. Кураев А.А. Теория и оптимизация электронных приборов СВЧ. Минск, 1979.
47. Кураев А.А., Шестакович В.П. // РЭ. 1980. Т. 25. № 4. С. 815–822.
48. Кураев А.А., Слепян Г.Я., Слепян А.Я. // Изв. ВУЗов. Прикладная нелинейная динамика. 1980. Т. 23. № 9. С. 1085–1091.
49. Кураев А.А., Стекольников А.Ф. // РЭ. 1980. Т. 25. № 9. С. 1928–1035.
50. Гуляев Ю.В., Кураев А.А., Нефедов Е.И., Оленин В.Д., Слепян Г.Я., Слепян А.Я. // Докл. АН СССР. 1981. Т. 257. № 2. С. 349–352.
51. Аксенчик А.В., Ковалев И.С., Колосов С.В., Кураев А.А., Шестакович В.П. // Изв. АН БССР. Сер. ФТН. 1981. Вып. 3. С. 111–115.
52. Кураев А.А. // РЭ. 1982. Т. 27. № 4. С. 794–798.
53. Кураев А.А., Соловей М.П. // РЭ. 1982. Т. 27. № 6. С. 1234–1236.
54. Кураев А.А. // РЭ. 1982. Т. 27. № 6. С. 1231–1234.
55. Кураев А.А., Красько С. А. // РЭ. 1982. Т. 27. № 6. С. 1229–1231.

56. Кураев А.А., Нефедов Е.И., Слепян Г.Я., Слепян А.Я. // Письма в ЖТФ. 1982. Т. 8, вып. 22. С. 1402–1403.
57. Кураев А.А., Парамонов Б.М. // РЭ. 1982. Т. 27. № 7. С. 1403–1407.
58. Аксенчик А.В., Колосов С.В., Кураев А.А., Шестакович В.П. // РЭ. 1982. Т. 27. № 12. С. 2426–2434.
59. Кураев А.А., Нефедов Е.И., Слепян Г.Я., Слепян А.Я. // Докл. АН СССР. 1983. Т. 272. № 1. С. 241–244.
60. Аксенчик А.В., Колосов С.В., Кураев А.А., Парамонов Б.М. // РЭ. 1983. Т. 28. № 2. С. 336–345.
61. Кураев А.А., Соловей М.П. // РЭ. 1983. Т. 28. № 7. С. 1339–1346.
62. Кураев А.А., Нефедов Е.И., Оленин В.Д., Слепян Г.Я., Слепян А.Я. // РЭ. 1983. Т. 28. № 7. С. 1442–1444.
63. Дикун Т. Ф., Кураев А.А., Парамонов Б.М., Сеницын А.К. // РЭ. 1983. Т. 28, № 8. С. 1624–1632.
64. Гуляев Ю.В., Кураев А.А., Нефедов Е.И., Оленин В.Д., Слепян Г.Я., Слепян А.Я. // РЭ. 1983. Т. 28, № 8. С. 1791–1798.
65. Дикун Т. Ф., Красько С. А., Кураев А.А., Сеницын А.К. // РЭ. 1984. Т. 29, № 2. С. 293–299.
66. Кураев А.А., Лук Л.Н., Плоткина С.М., Слепян Г.Я., Слепян А.Я. // Изв. ВУЗов. Прикладная нелинейная динамика. 1984. Т. 27. № 5. С. 595–603.
67. Журавовский В.А., Кураев А.А. // РЭ. 1984. Т. 29. № 7. С. 1427–1429.
68. Кураев А.А., Нефедов Е.И., Слепян Г.Я., Слепян А.Я. // РЭ. 1984. Т. 29. № 7. С. 1407–1408.
69. Кураев А.А., Сеницын А.К. // РЭ. 1985. Т. 30. № 9. С. 1794–1802.
70. Кураев А.А. // Изв. вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1985. Т. 28. № 10. С. 5–22.
71. Кураев А.А., Соловей М.П., Слепян Г.Я. // РЭ. 1986. Т. 31, № 1. С. 118–126.
72. Кураев А.А., Слепян Г.Я., Слепян А.Я. // Письма в ЖТФ. 1986. Т. 12, вып. 14. С. 862–866.
73. Kurayev A.A., A.Ya. Slepian and G.Ya. Slepian // Physics letters A. 1986. M. 119. № 2. P. 69–72.
74. Дикун Т. Ф., Кураев А.А., Колосов С.В., Парамонов Б.М. // РЭ. 1986. Т. 31. № 8. С. 1613–1619.
75. Ильинский А.С., Кураев А.А., Слепян Г.Я., Слепян А.Я. // Докл. АН СССР. 1987. Т. 294. № 6. С. 1345–1348.
76. Кураев А.А., Сеницын А.К. // РЭ. 1987. Т. 32. № 8. С. 1686–1873.
77. Кобылинский Ю.В., Попкова Т. Л., Слепян Г.Я. // ЖВМиМФ. 1986. Т. 28. № 2. С. 237–246.
78. Колосов С.В., Кураев А.А., Шакирин А.И. // РЭ. 1987. Т. 32, № 11. С. 2420–2427.
79. Кураев А.А., Сеницын А.К. // РЭ. 1987. Т. 32. № 11. С. 2427–2431.
80. Копенкин А.Д., Кураев А.А., Слепян Г.Я., Слепян А.Я., Черепенин В.А. // ЖВМиМФ. 1987. № 12. С. 1894–1900.
81. Копенкин А.Д., Кураев А.А., Слепян Г.Я., Слепян А.Я., Черепенин В.А. // РЭ. 1988. Т. 33, № 2. С. 247–254.
82. Kurayev A.A., Kolosov S.V., Stekolnicov A.F., A.Ya. Slepian, G.Ya. Slepian. // Int. j. Electronics. 1988. Vol. 65, № 3. P. 437–462.
83. Аксенчик А.В., Кураев А.А. // РЭ. 1988. Т. 33. № 6. С. 1240–1249.
84. Кураев А.А., Сеницын А.К. // Докл. АН БССР. 1988. Т. 32. № 8. С. 710–713.
85. Закалюкин А.Б., Кураев А.А. // Докл. АН БССР. 1988. Т. 32. № 10. С. 895–898.
86. Копенкин А.Д., Кураев А.А., Слепян Г.Я., Слепян А.Я., Черепенин В.А. // РЭ. 1988. Т. 33. № 10. С. 2022–2029.
87. Кураев А.А. // Докл. АН БССР. 1989. Т. 33. № 1. С. 32–34.
88. Натаров М.П., Попкова Т. Л., Родионова В.Н., Скресанов В.Н., Слепян Г.Я. // РЭ. 1993. Т. 38. № 9. С. 1577–1583.
89. Ильинский А.С., Кураев А.А., Слепян Г.Я., Слепян А.Я. // Радиотехника. 1989. № 2. С. 57–58.
90. Колосов С.В., Кураев А.А., Шакирин А.И. // РЭ. 1989. Т. 34. № 3. С. 562–570.
91. Кураев А.А., Сеницын А.К. // РЭ. 1989. Т. 34, № 6. С. 1264–1279.
92. Кураев А.А., Сеницын А.К. // Докл. АН БССР. 1989. Т. 33. № 7. С. 614–617.
93. Закалюкин А.Б., Кураев А.А. // РЭ. 1989. Т. 34. № 8. С. 1707–1714.
94. Кураев А.А., Сеницын А.К. // РЭ. 1989. Т. 34. № 8. С. 1776–1779.
95. Закалюкин А.Б., Кураев А.А. // Докл. АН БССР. 1989. Т. 33, № 8. С. 698–701.
96. Аксенчик А.В., Кураев А.А. // РЭ. 1989. Т. 34. № 10. С. 2157–2165.
97. Кураев А.А., Сеницын А.К. // РЭ. 1989. Т. 34. № 10. С. 2166–2172.
98. Кураев А.А., Сеницын А.К., Тимохин А.Б. // Докл. АН БССР. 1989. Т. 33. № 11. С. 969–972.
99. Дикун Т. Ф., Кураев А.А., Парамонов Б.М. // РЭ. 1990. Т. 35. № 4. С. 827–831.
100. Кураев А.А., Слепян А.Я. // Докл. АН БССР. 1990. Т. 34. № 5. С. 418–421.
101. Кураев А.А. // ДАН БССР. 1990. Т. 34. № 6. С. 514–516.
102. Кураев А.А. // РЭ. 1990. Т. 35. № 6. С. 1278–1283.
103. Кураев А.А. // Докл. АН БССР. 1990. Т. 34. № 7. С. 610–612.
104. Кураев А.А. Модные приборы СВЧ: Методы анализа и оптимизации параметров. М., 1986.
105. Кураев А.А., Байбурун В.Б., Ильин Е.М. Математическое моделирование и методы оптимального проектирования СВЧ приборов. Минск, 1990.
106. Бурцев А.А., Колосов С.В., Кураев А.А. // РЭ. 1990. Т. 35. № 11. С. 2369–2375.
107. Kurayev A.A., Natorov M.P., Radionova V.N., Slepian A.Ya., Slepian G.Ya. // Int. j. Electronics. 1991. Vol. 70. № 5. P. 1005–1014.
108. Кураев А.А., Парамонов Б.М., Сеницын А.К. // РЭ. 1991. Т. 36. № 5. С. 893–897.
109. Кураев А.А., Кураев Н.А., Сеницын А.К. // РЭ. 1991. Т. 36. № 11. С. 2179–2185.
110. Дикун Т.Ф., Кураев А.А., Сеницын А.К. // ДАН БССР. 1991. Т. 35. № 8. С. 686–688.

111. Кураев А.А., Парамонов Б.М., Синицын А.К. // РЭ. 1992. Т. 37. № 2. С. 316–320.
112. Киселев Б.М., Кураев А.А., Синицын А.К. // РЭ. 1992. Т. 37. № 5. С. 895–899.
113. Дикун Т. Ф., Кураев А.А., Парамонов Б.М. // РЭ. 1992. Т. 37. № 7. С. 1248–1252.
114. Аксенчик А.В., Кураев А.А. // РЭ. 1992. Т. 37. № 9. С. 1654–1658.
115. Кураев А.А. // РЭ. 1992. Т. 37. № 12. С. 2591–2593.
116. Kurayev A.A., Kolosov S.V., Slepuyan A.Ya., Zakalukin A.B. // Electronics. 1992. Vol. 72. № 5–6. P. 1103–1117.
117. Кураев А.А., Матвеев В.В., Синицын А.К. // РЭ. 1993. Т. 38. № 5. С. 916–921.
118. Кураев А.А., Кураев Н.А., Парамонов Б.М., Синицын А.К. // РЭ. 1993. Т. 38. № 8. С. 1468–1478.
119. Кураев А.А. // Вести АНБ. 1993. № 1. С. 75–77.
120. Кураев А.А., Навроцкий А.А., Парамонов Б.М., Синицын А.К. // РЭ. 1994. Т. 39. № 2. С. 288–296.
121. Кураев А.А., Кураев Н.А., Синицын А.К. // РЭ. 1994. Т. 39. № 2. С. 296–303.
122. Кураев А.А., Матвеев В.В., Синицын А.К. // РЭ. 1994. Т. 39. № 10. С. 1661–1666.
123. Кураев А.А., Матвеев В.В., Синицын А.К. // РЭ. 1994. Т. 39. № 11. С. 1819–1825.
124. Кураев А.А., Парамонов Б.М., Синицын А.К. // РЭ. 1995. Т. 40. № 1. С. 102–111.
125. Кураев А.А., Кураев Н.А., Парамонов Б.М., Синицын А.К. // РЭ. 1995. Т. 40. № 9. С. 1428–1434.
126. Колосов С.В., Кураев А.А. // РЭ. 1996. Т. 41. № 1. С. 96–99.
127. Kurayev A.A., Sinitsyn A.K., Slepuyan A.Ya. // Electronics. 1996. Vol. 80, № 4. P. 603–610.
128. Кураев А.А., Синицын А.К. // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 1997. № 1. С. 61–71.
129. Кураев А.А., Аксенчик А.В. // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 1997. № 4. С. 45–58.
130. Кураев А.А., Синицын А.К. // РЭ. 1997. Т. 42. № 2. С. 214–219.
131. Кураев А.А., Синицын А.К. // РЭ. 1997. Т. 42. № 5. С. 468–471.
132. Кураев А.А., Попкова Т.Л. // РЭ. 1997. Т. 42. № 10. С. 1256–1261.
133. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Синицын А.К. // Радиотехника. 1997. № 9. С. 13–20.
134. Кураев А.А., Попкова Т.Л. // ЭВиЭС. 1997. Т. 2, № 4. С. 67–73.
135. Kolosov S.V., Kurayev A.A. // IEEE Electron Device letters. 1997. Vol. 18, № 6. P. 254–257.
136. Кураев А.А., Лукашевич Д.В., Синицын А.К. // ЭВиЭС. 1997. Т. 2, № 5. С. 57–61.
137. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Рвачев В.А. // Радиотехника. 1997. № 9. С. 4–8.
138. Кураев А.А., Попкова Т.Л. // Докл. НАН Беларуси. 1998. Т. 42, № 2. С. 120–122.
139. Kravchenko V.F., Kuraev A.A., Rvachev V.A. // Electromagnetic Waves & Electronic Systems. Vol. 3, № 1. 1998. P. 21–25.
140. Кураев А.А., Синицын А.К., Щербаков А.В. // ЭВиЭС Т. 3, № 2. 1998. С. 16–21.
141. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Рвачев В.А. // ЭВиЭС Т. 3, № 3. 1998. С. 41–45.
142. Закалюкин А.Б., Кравченко В.Ф., Кураев А.А. // ЭВиЭС Т. 3, № 3. 1998. С. 93–96.
143. Кураев А.А., Навроцкий А.А., Попкова Т.Л., Синицын А.К. // ЭВиЭС. 1998. Т. 3, № 1. С. 47–50.
144. Колосов С.В., Кураев А.А. // ЭВиЭС. 1998. Т. 3, № 4. С. 35–44.
145. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Синицын А.К. // ЭВиЭС. 1998. Т. 3, № 6. С. 49–52.
146. Кураев А.А. // Изв. НАН Беларуси. 1999. № 4. С. 60–65.
147. Закалюкин А.Б., Кураев А.А., Попкова Т.Л. // РЭ. 1999. Т. 44, № 10. С. 1275–1280.
148. Колосов С.В., Кураев А.А., Синицын А.К., Щербаков А.В. // РЭ. 1999. Т. 44. № 6. С. 732–735.
149. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Батура М.П. // ЭВиЭС. 1999. Т. 4. № 6. С. 28–31.
150. Кураев А.А., Синицын А.К., Щербаков А.В. // РЭ. 1999. Т. 44. № 7. С. 891–896.
151. Колосов С.В., Кураев А.А., Синицын А.К. // ЭВиЭС. 2000. Т. 5. № 1. С. 18–23.
152. Еремка В.Д., Кураев А.А., Синицын А.К., Щербаков А.В. // РЭ. 2000. Т. 45. № 3. С. 357–361.
153. Гуринович А.Б., Кураев А.А., Синицын А.К. // ЭВиЭС. 2000. Т. 4. № 5. С. 34–39.
154. Аксенчик А.В., Кураев А.А., Навроцкий А.А., Синицын А.К. // ЭВиЭС. 2000. Т. 4. № 2. С. 28–34.
155. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Пустовойт В.И. // Докл. РАН. 2000. Т. 370. № 5. С. 605–607.
156. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Попкова Т.Л. // ЭВиЭС. 2000. Т. 5. № 3. С. 41–50.
157. Кураев А.А., Попкова Т.Л. // Весці НАН Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. 2000. № 2. С. 85–87.
158. Еремка В.Д., Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Пустовойт В.И., Синицын А.К. // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2000. № 3. С. 58–62.
159. Закалюкин А.Б., Кураев А.А. // РЭ. 2000. Т. 45. № 4. С. 499–501.
160. Гуринович А.Б., Кураев А.А., Синицын А.К. // РЭ. 2000. Т. 45. № 12. С. 1493–1498.
161. Гуринович А.Б., Кураев А.А., Синицын А.К. // ЭВиЭС. 2000. Т. 5. № 6. С. 11–16.
162. Аксенчик А.В., Кураев А.А., Синицын А.К. // Радиотехника. 2001. № 4. С. 21–26.
163. Аксенчик А.В., Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Синицын А.К. // ЭВиЭС. 2001. Т. 6. № 1. С. 43–47.
164. Аксенчик А.В. // ЭВиЭС. 2001. Т. 6. № 4. С. 27–32.
165. Кураев А.А., Навроцкий А.А., Синицын А.К. // РЭ. 2001. Т. 46. № 7. С. 877–882.
166. Колосов С.В., Кураев А.А. // РЭ. 2001. Т. 46. № 10. С. 1277–1280.

167. Кураев А.А., Попкова Т.Л. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2001. № 4. С. 70–76.
168. Кураев А.А., Сينيцын А.К. // ЭВЭС. 2002. Т. 7, № 3. С. 12–23.
169. Гуринович А.Б., Кураев А.А., Сينيцын А.К. // ЭВЭС. 2002. Т. 7, № 3. С. 24–27.
170. Попкова Т.Л. // ЭВЭС. 2002. Т. 7, № 3. С. 37–41.
171. Аксенчик А.В. // ЭВЭС. 2002. Т. 7, № 3. С. 42–54.
172. Аксенчик А.В., Кураев А.А., Сينيцын А.К. // ЭВЭС. 2002. Т. 7, № 6. С. 50–57.
173. Кравченко В.Ф., Кураев А.А. // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2002. № 3. С. 4–43.
174. Аксенчик А.В. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2002. № 1. С. 55–63.
175. Качинская О.А., Кураев А.А., Сينيцын А.К. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2002. № 2. С. 59–65.
176. Аксенчик А.В., Кураев А.А. Мощные приборы СВЧ с дискретным взаимодействием (теория и оптимизация). Минск, 2003.
177. Кураев А.А., Навроцкий А.А., Сينيцын А.К. // ЭВЭС. 2003. Т. 8, № 1. С. 4–9.
178. Аксенчик А.В. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2003. № 1. С. 72–80.
179. Ежов Г.И., Кураев А.А., Нефедов Е.И. // Авторское свидетельство СССР № 1129670.
180. Ежов Г.И., Кураев А.А., Нефедов Е.И. // Авторское свидетельство СССР № 1215563.
181. Кураев А.А., Парамонов Б.М., Сينيцын А.К. // Авторское свидетельство СССР № 1526501.
182. Кураев А.А., Рудницкий А.С., Слепая А.Я. // Авторское свидетельство СССР № 1776155.
183. Колосов С.В., Кураев А.А. // Авторское свидетельство СССР № 1829741.
184. Кураев А.А., Рудницкий А.С., Слепая А.Я. // Авторское свидетельство № 1828327.
185. Кураев А.А., Навроцкий А.А., Сينيцын А.К. // Весці НАН Беларусі. Серия фіз.-тэхн. навук. 2005. № 3. С. 76–85.
186. Кураев А.А., Сينيцын А.К. // Радиотехника. 2004. № 9. С. 48–53.
187. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Сينيцын А.К., Яроменок С.И. // Докл. БГУИР. 2004. № 2 (6). С. 35–42.
188. Кураев А.А., Луцкая И.В., Попкова Т.Л., Яроменок С.И. // Докл. БГУИР. 2003. № 4 (5). С. 49–52.
189. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Яроменок С.И. // Радиотехника. 2004. № 9. С. 34–39.
190. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Сينيцын А.К. Электродинамика и распространение радиоволн. Минск, 2004.
191. Еремка В.Д., Кураев А.А., Сينيцын А.К. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2005. № 1. С. 78–80.
192. Кураев А.А., Навроцкий А.А., Сينيцын А.К. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2005. № 3. С. 76–85.
193. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Сينيцын А.К. // Электромагнитные Волны и Электронные Системы. 2005. Т. 10, № 3. С. 43–51.
194. Кураев А.А., Сينيцын А.К., Щербаков А.В. // Радиотехника и Электроника. 2005. Т. 50. № 4. С. 491–495.
195. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Сينيцын А.К., Яроменок А.В. // Докл. БГУИР. 2005. № 1. С. 12–17.
196. Аксенчик А.В., Кураев А.А., Сينيцын А.К. // Радиотехника и Электроника. 2005. Т. 50. № 5. С. 632–637.
197. Кураев А.А., Навроцкий А.А., Сينيцын А.К. // Радиотехника и Электроника. 2005. Т. 50. № 10. С. 1243–1248.
198. Кураев А.А., Сينيцын А.К. // Радиотехника и Электроника. 2005. Т. 50. № 8. С. 921–926.
199. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Яроменок С.И. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2005. № 2. С. 60–68.
200. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Пустовойт В.И., Сينيцын А.К. // Электромагнитные волны и электронные системы. 2005. Т. 10. № 8. С. 51–58.
201. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Пустовойт В.И., Сينيцын А.К. Черенковские релятивистские генераторы на симметричных Е-волнах гофрированного волновода // Докл. РАН. 2005. Т. 404. № 4. С. 485–492.
202. Аксенчик А.В., Кураев А.А. // Радиотехника. 2005. № 4. С. 19–21.
203. Kuraev A.A., Sinitsyn A. K., and Shcherbakov A. V. // J. of Communications Technology and Electronics, 2005. Vol. 50. № 4. P. 456–460.
204. Aksenchyk A.V., Kurayev A.A., Sinitsyn A.K. // J. of Communications Technology and Electronics. 2005. Vol. 50, № 5. P. 580–585.
205. Kurayev A.A., Sinitsyn A. K. // J. of Communications Technology and Electronics. 2005. Vol. 50. № 8. P. 921–926.
206. Кураев А.А., Сينيцын А.К. // Докл. БГУИР. 2005. № 3 (11). С. 33–41.
207. Колосов С.В., Кураев А.А., Лавренов А.А. // Докл. БГУИР. 2005. № 3 (11). С. 87–93.
208. Батура М.П., Кураев А.А., Сينيцын А.К. Моделирование и оптимизация мощных электронных приборов СВЧ. Минск, 2006.
209. Кравченко В.Ф., Кураев А.А. // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2006. № 9. С. 13–60.
210. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Пустовойт В.И., Сينيцын А.К. // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2006. № 3. С. 75–77.
211. Кураев А.А., Сينيцын А.К. // Докл. БГУИР. 2006. № 3 (15). С. 82–92.
212. Кураев А.А., Сينيцын А.К. // Радиотехника и Электроника. 2006. Т. 51. № 4. С. 39–403.
213. Кураев А.А., Луцкая И.В., Сينيцын А.К. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2006. № 3. С. 96–104.
214. Колосов С.В., Кураев А.А., Лавренов А.А. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2006. № 4. С. 96–104.

215. Батура М.П., Кураев А.А., Синицын А.К. Основы теории и оптимизации современных электронных приборов СВЧ. Минск, 2007.
216. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Синицын А.К. // Успехи физических наук. 2007. Т. 177. № 5. С. 511–531.
217. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Рак А.О. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2007. № 3. С. 93–99.
218. Аксенчик А.В., Кураев А.А. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2007. № 1. С. 110–118.
219. Kurayev A.A., Navrotskii A. A., Sinitsyn A.K. // J. of Communications Technology and Electronics. 2005. Vol. 50, № 10. P. 1207–1210.
220. Колосов С.В., Кураев А.А., Харсеев А.П. // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2007. № 10. С. 23–32.
221. Гуревич А.В., Еремка В.Д., Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Синицын А.К. // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2007. № 10. С. 64–69.
222. Кижлай И.Н., Кураев А.А., Синицын А.К., Щербаков А.В. // Зарубежная радиоэлектроника. Успехи современной радиоэлектроники. 2007. № 10. С. 70–74.
223. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Пустовойт В.И., Синицын А.К. // Докл. РАН. 2007. Т. 412. № 6. С. 759–763.
224. Kravchenko V.F., Kurayev A.A., Pustovoyt V.I., Sinitsyn A.K. // Doklady Physics. 2007. Vol. 52. № 2. P. 96–100.
225. Аксенчик А.В., Кураев А.А. // Докл. БГУИР. 2007. № 2. С. 28–33.
226. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Синицын А.К. // Электромагнитные волны и электронные системы. 2007. Т. 12. № 10. С. 6–13.
227. Кураев А.А., Синицын А.К. // Электромагнитные волны и электронные системы. 2007. Т. 12. № 10. С. 14–19.
228. Кураев А.А., Луцицкая И.В., Попкова Т.Л., Рак А.О., Синицын А.К. // Изв. вузов. Прикладная Нелинейная Динамика. 2008. Т. 16, № 3. С. 142.
229. Кураев А.А., Наранович О.И., Синицын А.К. // Техника и Приборы СВЧ. 2008. № 1. С. 10–14.
230. Кураев А.А., Наранович О.И., Синицын А.К. // Докл. БГУИР. 2008. № 3 (33). С. 59–65.
231. Колосов С.В., Кураев А.А., Харсеев А.П. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2008. № 2. С. 98–103.
232. Кураев А.А., Синицын А.К., Яроменок С.И. // Докл. БГУИР. 2008. № 1 (31). С. 48–53.
233. Кураев А.А., Синицын А.К., Яроменок С.И. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2008. № 1. С. 73–78.
234. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Синицын А.К. // Электромагнитные волны и электронные системы, 2008, Т. 13, № 11. С.68–76.
235. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Синицын А.К. // Техника и Приборы СВЧ. 2008. № 2. С. 9–13.
236. Методы нелинейной динамики и теории хаоса в задачах электроники сверхвысоких частот. В 2 Т. Т. 1. Стационарные процессы / Под. ред. А.А. Кураева, Д.И. Трубецкова. М., 2009.
237. Гуринович А.Б., Кураев А.А., Синицын А.К. // Докл. БГУИР. 2009. № 1 (39). С. 28–33.
238. Колосов С.В., Кураев А.А., Сенько А.В. // Техника и Приборы СВЧ. 2009. № 2. С. 3–8.
239. Кураев А.А., Лукашенко Д.В., Синицын А.К. // ТП СВЧ. № 1. 2009. С. 3–6.
240. Аксенчик А.В., Кураев А.А., Киринович И.Ф. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2009. № 3. С. 113–124.
241. Аксенчик А.В., Кураев А.А., Киринович И.Ф. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2009. № 4. С. 102–110.
242. Кураев А.А., Синицын А.К. // Докл. БГУИР. № 1 (47). 2010. С. 12–18.
243. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Рак А.О. // Техника и Приборы СВЧ. 2010. № 1. С. 19–25.
244. Батура Б.М., Кураев А.А., Попкова Т.Л., Рак А.О. Нерегулярные электродинамические структуры, теория и методы расчета. Минск, 2011.
245. Аксенчик А.В., Кураев А.А., Киринович И.Ф. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2011. № 1. С. 97–106.
246. Кураев А.А., Рак А.О., Синицын А.К. // Докл. БГУИР. № 4 (58). 2011. С. 36–42.
247. Батура М.П., Кураев А.А., Попкова Т.Л., Рак А.О. // Докл. БГУИР. № 5 (59). 2011. С. 42–48.
248. Навроцкий А.А. Кураев А.А. Синицын А.К. // Докл. БГУИР. № 3 (57) 2011. С. 38–43.
249. Кураев А.А., Рак А.О., Синицын А.К. // Техника и Приборы СВЧ. № 1. 2011. С. 7–11.
250. Кураев А.А., Лукашенко Д.В., Синицын А.К. // Докл. БГУИР. № 1 (55). 2011. С. 85–90.
251. Кураев А.А., Матвеев В.В., Синицын А.К. // Докл. БГУИР. № 7 (61). 2011. С. 90–97.
252. Кураев А.А., Попкова Т.Л., Синицын А.К. Электродинамика и распространение радиоволн. Минск, 2012.
253. Кураев А.А., Матвеев В.В., Синицын А.К. // Докл. БГУИР. № 1 (63). 2012. С. 63–69.
254. Колосов С.В., Кураев А.А., Сенько А.В. // Докл. БГУИР. № 2 (64). 2012. С. 89–91.
255. Колосов С.В., Кураев А.А., Сенько А.В. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2012. № 2. С. 127–132.
256. Колосов С.В., Кураев А.А., Сенько А.В. // Докл. БГУИР. № 5 (67). 2012. С. 151–157.
257. Кураев А.А., Синицын А.К. // Докл. БГУИР. 2012. № 3 (65). С. 98–104.
258. Колосов С.В., Кураев А.А., Сенько А.В. // Известия НАН Беларуси. Сер. ФТН. 2012. № 2. С. 98–103.
259. Кураев А.А., Колосов С.В., Сенько А.В., Синицын А.К. // Весці НАН Беларусі. Сер.фіз.-тэхн. навук. 2012. № 2. С. 104–107.
260. Кураев А.А., Колосов С.В., Сенько А.В. // Изв. ВУЗов. Прикладная нелинейная динамика. 2012. Т. 20. № 4. С. 3–17.
261. Азарян Н.С., Кураев А.А., Колосов С.В., Синицын А.К. // Письма в журнал «Физика элементарных частиц и атомного ядра». 2012. Т. 9. № 2 (172). С. 247–268.

262. Azaryan N.S., Kurayev A.A., Kolosov S.V., Sinitsyn A.K. // Physics Of Particles And Nuclei Letters. Vol. 9. № 2. 2012. P. 150–162.
263. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Попкова Т. Л., Рак А.О. // Физические основы приборостроения. 2012. Т. 1. № 2. С. 41–64.
264. Кравченко В.Ф., Кураев А.А., Попкова Т. Л., Рак А.О. // Физические основы приборостроения. 2013. Т. 2. № 1. С. 78–99.
265. Рак А.О. // Докл. БГУИР. 2012. № 5 (62). С. 86–92.
266. Навроцкий А.А., Кураев А.А., Сеницын А.К. ЛБВ–О с нерегулярными замедляющими системами. Теория и оптимизация. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2011.
267. Кураев А.А., Колосов С.В., Сеницын А.К. // Докл. БГУИР. 2012. № 8 (70). С. 5–10.
268. Еремка В.Д., Кураев А.А., Сеницын А.К. // Патент Украины № 89882 от 10.03.2010.
269. Кураев А.А., Рудницкий А.С., Сеницын А.К. // Патент РБ № 11964.
270. Кураев А.А. Лукашенко Д.В. Рудницкий А.С., Сеницын А.К. // Патент РБ. № 16437.
271. Аксенчик А.В., Кураев А.А., Киринович И.Ф., Рудницкий А.С. // Патент РБ. № 16356.
272. Кураев А.А., Рудницкий А.С., Сеницын А.К. // Патент РБ № 15524.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ



Кураев Александр Александрович (1937 г.р.), д.т.н., профессор. В 1960 г. окончил с отличием Саратовский государственный университет (СГУ). В 1965 г. защитил кандидатскую диссертацию в СГУ, в 1980 г. – докторскую диссертацию в ИРЭ АН СССР. С 1992 г. занимает должность заведующего кафедрой «Антенны и устройства СВЧ». Под руководством Кураева А.А. защищено 5 докторских и 14 кандидатских диссертаций. Им опубликовано 12 монографий, более 300 статей, 12 патентов. Область научных интересов – теоретическое исследование, математическое моделирование и оптимизация линейных и нелинейных электромагнитных процессов.



Попкова Татьяна Леонидовна (1961 г.р.), к.ф.-м.н, доцент. В 1984 г. окончила БГУ. В 1993 г. защитила кандидатскую диссертацию. В настоящее время – доцент кафедры антенн и устройств СВЧ БГУИР. Ученый секретарь Совета БГУИР и совета по защите диссертаций по специальности «Радиофизика». Автор и соавтор более 80 научных публикаций. Область научных интересов – радиофизика, физическая электроника, математическое моделирование и проектирование антенн и устройств СВЧ.



Сеницын Анатолий Константинович (1948 г.р.), д.ф.-м.н., профессор. В 1970 г. окончил БГУ. В 1979 г. защитил кандидатскую, в 1995 г. – докторскую диссертацию. С 1993 г. по 2009 г. являлся заведующим кафедрой ВМиП БГУИР. С 2001 г. – член спецсовета БГУИР по защите докторских диссертаций. Под его руководством защищено 3 кандидатские диссертации. Является автором и соавтором 345 научных работ, из которых 4 монографии, 1 учебное пособие с грифом Министерства образования Республики Беларусь, 150 статей, 8 авторских свидетельств на изобретения. Область научных интересов – исследование процессов взаимодействия электронных потоков с электромагнитными полями в вакуумных приборах СВЧ на основе математического моделирования.