

## ОТЗЫВ

официального оппонента, Рябоконя Алексея Владимировича, на диссертационную работу Ключева Андрея Викторовича «Преобразование радиосигналов в параметрических рассеивателях», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

В последние десятилетия благодаря простоте реализации и низкой стоимости вырос интерес к применению параметрических рассеивателей в качестве радиометок, которые позволяют решать задачи различного рода, например, отслеживать маршруты грузов и животных, обеспечивать поиск людей, оказавшихся в чрезвычайной ситуации, помогать регистрировать пространственно-временные распределения электромагнитного поля.

Обязательными требованиями к подобным устройствам являются энергонезависимость и возможность их дистанционного обнаружения. Кроме того важной задачей в настоящее время является увеличение дальности обнаружения объекта, оснащенного радиометкой.

Решение этой задачи возможно за счет повышения мощности зондирующего сигнала. Однако уровень радиоизлучения может быть ограничен, например, возможностями передающего оборудования системы, требованиями обеспечения электромагнитной совместимости или безопасности для людей.

Другой путь увеличения дальности обнаружения объекта связан с повышением чувствительности приемника системы, а также уровня ответного сигнала, формируемого радиометкой.

Данные обстоятельства определяют актуальность работы Ключева А. В., которая посвящена созданию новых конструкций параметрических рассеивателей в целях повышения эффективности систем радиомаркировки. Это достигается за счет возможности повышения уровня ответного сигнала рассеивателя при неизменном и даже меньшем уровне сигнала накачки, необходимому для его возбуждения. Кроме того, в работе показано, что благодаря модернизации метода формирования ответного сигнала в

параметрическом рассеивателе с использованием ЛЧМ радиоимпульсов можно обеспечить более эффективную обработку сигнала в приемном устройстве.

Научная новизна и теоретическая значимость работы определяются следующими результатами, полученными при проведении исследования:

- разработана методика моделирования амплитудной характеристики параметрического рассеивателя, дополняющая известные методы анализа;

- показано, что увеличение числа параметрических генераторов в нагрузке параметрического рассеивателя можно рассматривать, как возможный путь расширения полосы генерации;

- доказана возможность повышения эффективности систем радиомаркировки, использующих новые конструкции параметрических рассеивателей в виде четырехполюсников с оптимальными значениями входных сопротивлений антенн сигнала накачки и ответного сигнала и способа формирования ответного сигнала в виде последовательности ЛЧМ радиоимпульсов.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в следующем

- предложены и апробированы новые по конструкции параметрические рассеиватели, в которых увеличен примерно на порядок уровень ответного сигнала благодаря оптимизации значений сопротивлений антенны сигнала накачки и антенны ответного сигнала, а также имеется возможность расширить, по крайней мере на 60%, полосу генерации;

- предложен метод формирования ответных сигналов в параметрическом рассеивателе в виде ЛЧМ радиоимпульсов, позволяющий поднять чувствительность приемника на величину 30-45 дБ.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационного исследования обусловлена применением известного математического аппарата, апробированных методов теории дифференциальных уравнений, теории радиотехнических цепей, теории параметрических генераторов,



теории длинных линий, оптимального приема, компьютерного моделирования, а также подтверждением теоретических результатов модельными и натурными экспериментами.

Результаты исследования прошли апробацию на пяти международных научных конференциях и опубликованы в тринадцати научных статьях, четыре из которых в изданиях, включенных ВАК в перечень рецензируемых журналов для диссертационных работ, получен патент на изобретение.

Следует отметить четкую структуру диссертации. Для достижения поставленной цели автором разработаны математические модели параметрических рассеивателей, проведены модельные и натурные эксперименты, получен ряд новых результатов, имеющих теоретическую и практическую значимости. И как итог подтверждена и доказана возможность повышения эффективности систем радиомаркировки, использующих параметрические рассеиватели. По каждой главе и работе в целом сделаны выводы.

Таким образом, работа Ключева А. В. отвечает критерию целостности, так как в ней представлена вся последовательность действий, необходимых для создания реальных конструкций параметрических рассеивателей.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и дает общее представление об исследованиях, представленных в работе.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения с актом внедрения. Общий объем работы составляет 179 страниц, список литературы включает 116 наименований.

Во введении обоснована актуальность работы, сформулирована ее цель, определены научная новизна, теоретическая и практическая значимости.

Первая глава содержит обзор существующих публикаций по тематике диссертационного исследования, который позволил определить дальнейшие перспективные задачи исследования и подходы к моделированию параметрических рассеивателей.

Здесь же предложена методика математического моделирования параметрических рассеивателей.

Вторая глава посвящена численному моделированию различных типов параметрических рассеивателей, выполненных в виде двухполюсников и четырехполюсников. Моделирование было реализовано средствами программного пакета LabVIEW по методике представленной в первой главе.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований параметрических рассеивателей известных и предложенных автором во второй главе, которые подтвердили адекватность моделирования и доказали реализуемость и работоспособность предложенного нового типа параметрических рассеивателей – полосковых параметрических рассеивателей.

В четвертой главе рассмотрено применение запросного сигнала в виде последовательности ЛЧМ радиоимпульсов для повышения чувствительности приёмника системы при обнаружении параметрических рассеивателей. Автором успешно проведена модернизация известного и разработан новый метод формирования последовательности ЛЧМ радиоимпульсов.

В заключении приведены основные результаты проведенных научных исследований.

В целом диссертационная работа является завершённым научным исследованием, имеющим научную новизну и практическую значимость. В качестве замечаний к диссертационной работе можно отметить следующее:

1. Не указаны возможные ограничения для применения предложенных новых типов параметрических рассеивателей.
2. Не совсем понятны причины использования ЛЧМ импульсов в качестве сигналов, облучающих параметрические рассеиватели и соответственно пререизлучаемых ими, и возможно ли применять другие виды модуляции.
3. Не до конца пояснены основания выбора параметров ЛЧМ радиоимпульсов ответных сигналов и сигналов синхронизации.



Отмеченные замечания не оказывают влияния на положительную оценку работы и могут быть учтены автором при подготовке доклада, представляемого к защите.

В целом диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно обоснованные технические решения, имеющие существенное значение для радиотехники. Диссертация удовлетворяет требованиям ВАК, предъявляемым к диссертационным работам, а ее автор, Клюев Андрей Викторович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.12.04 «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

### **ОФИЦИАЛЬНЫЙ ОППОНЕНТ**

Рябокоть Алексей Владимирович  16.11.2016 г.

кандидат технических наук, инженер-конструктор 1-й категории  
ОАО "Владимирское конструкторское бюро радиосвязи"

Адрес: ул. Мира, 37-б, Владимир, 600009 а/я 68.

Тел.: (4922) 43-15-54; тел/факс (4922) 53-06-33

E-mail: [vkbrs@vkbrs.elcom.ru](mailto:vkbrs@vkbrs.elcom.ru)

Подпись А.В. Рябокотня заверяю

Начальник отдела кадров



Хазова О.А.