

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, доцента Фитасова Евгения Сергеевича на диссертационную работу Печникова Сергея Сергеевича «Формирователи спектрально-эффективных радиосигналов с компенсацией амплитудно-фазовых искажений», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13 — «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения»

**Актуальность темы.** В настоящее время, остро стоит вопрос увеличения скорости передачи информации при сохранении допустимого количества ошибок, с задействованием минимального частотного ресурса и максимально эффективным использованием передающего устройства. При этом стоит отметить, что данные требования взаимно ограничивают реализацию друг друга, так как изменения амплитуды, влияют на спектр передаваемого радиосигнала, характеристику вероятности ошибки на бит, а также энергетическую эффективность систем с нелинейным усилением. В мобильных приложениях энергопотребление и КПД устройства имеют важное значение, так как они определяют время его автономной работы. Однако при этом важна и линейность передатчика для обеспечения малой векторной ошибки в передаваемом сигнале. Для базовых станций высокое значение КПД важно ещё и для предотвращения возможного перегрева усилителя.

Исходя из изложенного диссертационная работа Печникова Сергея Сергеевича, посвященная теоретическому обоснованию и экспериментальному исследованию новых структурных схем формирователей спектрально-эффективных радиосигналов, позволяющих

осуществлять нелинейное усиление мощности, а также разработке методов компенсации амплитудно-фазовых искажений, является актуальной.

**Научная новизна.** В ходе проведения исследований по теме диссертации автор получил ряд результатов, обладающих научной новизной и практической значимостью.

Во-первых, структурные схемы формирователей узкополосных спектрально-эффективных радиосигналов, а также устройство формирования функциональных составляющих на базе ПЛИС.

Во-вторых, метод компенсации амплитудно-фазовой нестабильности в квадратурном модуляторе радиосигналов и полученные в результате моделирования спектральные характеристики и результаты анализа параметрической чувствительности формирователей узкополосных спектрально-эффективных радиосигналов, позволяющие оценить точность выполняемых преобразований.

**Достоверность представленных результатов.** Достоверность результатов диссертационной работы подтверждена использованием корректного математического аппарата, результатами модельных экспериментов, демонстрирующими эффективность предложенных структурных схем и методик компенсации искажений радиосигналов, а также апробацией их на научных конференциях различного уровня. Также достоверность научных результатов подтверждается корректностью и логической обоснованностью постановки и решения задач исследования, использованием апробированного математического аппарата и результатами компьютерного модельных экспериментов. Кроме того, достоверность подтверждается получением из достигнутых результатов при определенных допущениях и ограничениях частных результатов, полученных другими исследователями в данной предметной области.



### Практическая ценность результатов.

Результаты диссертации имеют существенную теоретическую и практическую ценность. Они внедрены в учебный процесс Воронежского института МВД России, на кафедре инфокоммуникационных систем и технологий. Кроме того, разработанные автором структурные схемы, методы и результаты исследований использованы в конструкторских разработках при модернизации существующих систем связи, что подтверждается актами внедрения в процесс исследования и разработки ОАО «Концерн «Созвездие», ФГУП «НТЦ Орион» ФСБ России, ООО «Радиокода».

К сожалению, работа не лишена недостатков.

1. Не понятно возможно ли применение заявленного метода формирования радиосигналов с сигнально кодовым конструкциям QAM 16, QAM 32 и т.д.
2. В диссертации и автореферате не было осуществлено исследование энергетической эффективности усилительного элемента, в связи с чем сложно судить о повышении энергоэффективности при сравнении с известными методами линеаризации.
3. Недостаточно обоснована особенность применения предлагаемых решений в системах радиосвязи специального назначения (дается только описание стандартов, нет анализа).
4. Недостаточно обосновано использование 3-х членов аппроксимации (например, можно было сравнить с результатами аппроксимации 2-х и 4-х членов)
5. Основные результаты главы 4 даются только в Выводах (74 %, 27,3 %), в тексте работы они не отражены (из каких рисунков/графиков это видно, непонятно).

Отмеченные недостатки не снижают значимости результатов диссертации, а лишь отражают возможные направления ее развития.

Диссертация выполнена на высоком научном уровне. Отличительными особенностями научной работы являются логическая обоснованность

частных задач исследования и их направленность на решение поставленной научной задачи. Диссертация написана хорошим литературным языком и аккуратно оформлена. Основные выводы и положения диссертации достаточно широко опубликованы в научных изданиях и докладывались на представительных научно-технических конференциях, где получили одобрение научной общественности, признающей авторитет автора в разработке вопросов, положенных в основу работы.

Исследования по тематике представленной диссертации целесообразно продолжить в следующих направлениях:

1. Рассмотреть возможность формирования радиосигналов с сигнально кодовыми конструкциями QAM 16, QAM 32 и тд. с применением предложенных структурных схем.

2. Продолжить исследование с учетом более углубленного изучения энергетических характеристик усилительных элементов и вопроса согласования трактов усиления.

Содержание автореферата соответствует основным положениям диссертации и позволяет сформировать представление по всей работе в целом, а содержание диссертации соответствует паспорту специальности 2.2.13 – «Радиотехника, в том числе системы и устройства телевидения».

### **ВЫВОДЫ**

1. Представленная диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой решена научная задача, посвященная теоретическому обоснованию и экспериментальному исследованию новых структурных схем формирователей спектрально-эффективных радиосигналов, позволяющих осуществлять нелинейное усиление мощности, а также разработке методов компенсации амплитудно-фазовых искажений, что имеет важное значение для развития сетей радиосвязи специального назначения.



2. По актуальности тематики, глубине проводимых исследований и значимости полученных результатов диссертация полностью удовлетворяет требованиям п.п. 9,10,11,13,14 Положения «О присуждении ученых степеней», а её автор, Печников С.С., заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.13.

**Официальный оппонент**

Доктор технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой радиотехники  
радиофизического факультета  
Нижегородского государственного  
университета им. Н.И.Лобачевского,  
603950, г. Н. Новгород, пр. Гагарина, 23  
Тел.: 8 905 661-12-36  
E-mail: fitasoves@mail.ru



31.08.2021

Е.С. Фитасов

Подпись д.т.н., доцента Е.С. Фитасова заверяю.

Ученый секретарь

ННГУ им.Н.И.Лобачевского



Л.Ю.Черноморская