



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель начальника  
Ярославского высшего военного  
училища противовоздушной обороны  
по учебной и научной работе  
полковник



С. Климанов  
«» сентября 2021 г.

### Отзыв

на автореферат диссертации ЗИМИНОЙ Светланы Валерьевны на тему: «Флуктуации в многоканальных адаптивных системах» на соискание учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Применение адаптивных антенных решёток (ААР) и искусственных нейронных сети (ИНР) в современных радиолокационных комплексах гарантирует их высокую эффективность при автоматическом подавлении помех. В свою очередь, при настройке системы адаптации имеют место флуктуации настраиваемых весовых коэффициентов, которые приводят к искажениям выделяемого полезного сигнала. Компенсация влияния флуктуаций на весовой вектор позволяет оптимизировать работу ААР и ИНР для наиболее качественного выполнения задач по предназначению. Однако, на сегодняшний день единая система методов анализа адаптивных радиолокационных систем, позволяющая с учетом флуктуации настраиваемых весовых коэффициентов находить их статистические характеристики, отсутствует. Поэтому проблема, решённая в диссертации ЗИМИНОЙ Светланы Валерьевны, заключающаяся в повышении эффективности и устойчивости работы адаптивных антенных систем в условиях сложной помеховой обстановки за счет разработки новых методов анализа и статистической обработки сигналов в условиях воздействия помех является **актуальной.**

**Целью исследования** является разработка методов анализа статистических характеристик адаптивных антенных систем различной структуры, учитывающих флуктуации настраиваемых весовых коэффициентов в наиболее общем виде, а также повышение качества функционирования адаптивных антенных систем при воздействии помех.

На наш взгляд, наиболее значимыми **научными результатами** работы, обладающими высокой степенью научной новизны, являются:

впервые разработанная система методов анализа статистических характеристик ААР различной структуры и многослойных полносвязанных ИНС с учетом флуктуаций настраиваемых весовых коэффициентов;

получены аналитические результаты, описывающие специфику работы ААР и ИНС при учете флуктуации весового вектора для классических алгоритмов настройки ААР и ИНС;

– использованы классические алгоритмы работы ААР для настройки ИНС.

Указанные результаты соответствуют областям исследования, определенным паспортом специальности 01.04.03 – Радиофизика.

**Практическая ценность** диссертационной работы состоит в том, что разработанные методы нахождения статистических характеристик ААР и ИНС с учётом флуктуаций весовых коэффициентов позволяют оптимизировать их работу. Разработанные методы позволяют находить оптимальную с точки зрения минимизации влияния флуктуаций скорость настройки при заданной точности или определять допустимую флуктуациями её точность при заданной скорости работы алгоритма адаптации. Учёт флуктуаций позволяет повысить эффективность функционирования таких систем в условиях сложной помеховой обстановки и добиться минимизации потерь в выходном отношении сигнал/шум, возможных при данном уровне флуктуаций.

**Научная значимость** диссертации заключается в том, что автор разработал систему методов учёта флуктуаций для ААР различной структуры и многослойных полносвязанных ИНС, а также для различного типа алгоритмов настройки этих адаптивных систем. В работе были рассмотрены градиентные алгоритмы – дискретный градиентный и быстрый рекуррентный алгоритмы, а также неградиентные алгоритмы – алгоритм Хэбба.

Рассмотрение неградиентных алгоритмов является достоинством работы, поскольку неградиентные алгоритмы лишены недостатков градиентных алгоритмов. Градиентные алгоритмы настройки выбирают в качестве оптимального решения значения любого (в том числе, локального) минимума поверхности рабочей функции и могут ошибаться с оптимальным решением на многоэкстремальных поверхностях. Неградиентные алгоритмы ищут оптимальное решение иным способом, а потому пригодны для работы, когда поверхность рабочей функции имеет множество экстремумов, как это бывает при настройке ИНС.

**Достоверность** полученных результатов обеспечена применением

апробированного математического аппарата, сходимостью аналитических расчетов с результатами моделирования и экспериментальной проверкой полученных результатов.

Научные положения, выводы и рекомендации в достаточной степени обоснованы и критически оценены по сравнению с известными аналогами.

Из содержания автореферата следует, что результаты работы широко апробированы на конференциях различного уровня, а также опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации основных результатов исследований.

Содержание автореферата диссертации соответствует паспорту по специальности 01.04.03 – Радиофизика.

Цель диссертации достигнута, содержание работы отвечает требованиям научной новизны и практической значимости, о чем свидетельствует реализация и апробация результатов диссертационного исследования.

Вместе с тем, как можно судить из автореферата, диссертация не лишена недостатков. К наиболее существенным из них, по нашему мнению, относятся следующие:

1. Отсутствие в автореферате формализации научной проблемы затрудняет восприятие принятых ограничений.

2. В автореферате в явном виде не представлены ограничения, принятые при проведении исследований, что затрудняет анализ практической значимости.

3. Диссертация посвящена решению проблемы повышения эффективности и устойчивости работы адаптивных антенных систем в условиях сложной помеховой обстановки, при этом автор ограничивается рассмотрением ситуации воздействия одного (двух) источников помех, мощность которых не более чем на 20 дБ превышает мощность полезного сигнала. В то время как современные средства РЭБ позволяют создавать гораздо более интенсивные помехи.

Однако, недостатки, выявленные при рассмотрении автореферата, не снижают научной и практической значимости проведенных автором исследований.

**Вывод:** представленная диссертация является научно-квалификационной работой, в которой на основании исследований, выполненных автором, разработаны положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области многоканальных адаптивных систем.

Работа соответствует критериям, которым должна соответствовать докторская диссертация, а автор работы ЗИМИНА Светлана Валерьевна заслуживает присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 «Радиофизика».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры радиотехнических систем. протокол № 2 от 21 сентября 2021 г.

Отзыв составили:

Начальник кафедры радиотехнических систем  
Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны  
доктор технических наук, профессор  
полковник



А. Лаврентьев

Преподаватель кафедры радиотехнических систем  
Ярославского высшего военного училища противовоздушной обороны  
кандидат технических наук  
капитан



Р. Калашников

«21» сентября 2021 г.