



Экз. № 1

МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБОРОНЫ РОССИИ)
Федеральное государственное
бюджетное учреждение
«Центральный научно-
исследовательский институт
Воздушно-космических сил»
Министерства обороны
Российской Федерации
(ФГБУ «ЦНИИ ВКС
Минобороны России»)

170026, г. Тверь, набережная Афанасия Никитина, д. 32

«27» 09 2021 г. № 1306

На № _____

Председателю
диссертационного совета Д 002.231.02
доктору физико-математических наук
профессору, член-корреспонденту РАН
В.А.Черепенину
125009, г. Москва, ул. Моховая, д. 11, корп. 7

УТВЕРЖДАЮ

Врио заместителя начальника
ЦНИИ ВКС Минобороны России
по научной работе
кандидат технических наук, доцент

М.Л.Цурков



« » сентября 2021 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Зиминой Светланы Валерьевны, выполненной на тему: «Флуктуации в многоканальных адаптивных системах» по специальности 01.04.03 «Радиофизика» и представленной на соискание учёной степени доктора физико-математических наук

В настоящее время, в области статистической радиофизики активно развивается научное направление, связанное со статистическим анализом адаптивных антенных систем: адаптивных антенных решёток и искусственных нейронных сетей. Многоканальные адаптивные системы активно применяются в современных РЛС и современных системах радиосвязи. Реализация многоканальных адаптивных систем в РЛС и системах радиосвязи позволяет эффективно выполнять возлагаемые на них задачи в условиях сложной помеховой обстановки.

Это определяет **актуальность темы диссертации** Зиминой Светланы Валерьевны и решаемой в ней **научной проблемы**, которая состоит в развитии положений теории статистической обработки сигналов в условиях воздействия помех для повышения эффективности и устойчивости работы адап-

тивных антенных систем в условиях сложной помеховой обстановки.

Из автореферата следует, что в ходе исследований лично автором получены **новые научные результаты**:

1) впервые разработаны методы анализа с учётом флуктуаций весового вектора в наиболее общем случае негауссовской статистической зависимости между вектором входных сигналов и весовым вектором статистических характеристик узкополосных адаптивных антенных решёток, исключающих возможность нелинейной функциональной зависимости входного и выходного сигналов в цепи корреляционной обратной связи, и настраивающихся по быстрому рекуррентному алгоритму и алгоритму Хэбба;

2) впервые разработаны методы статистического анализа характеристик узкополосных АФАР, использующих нелинейную функцию в цепи корреляционной обратной связи с учётом флуктуаций настраиваемых весовых коэффициентов в наиболее общем случае негауссовской статистической зависимости между весовым вектором и вектором входных сигналов, предполагающие помимо использования теории возмущений разложение в ряд Вольтера нелинейной функции, содержащейся в цепи корреляционной обратной связи адаптивных систем;

3) для случая негауссовской статистической зависимости между вектором входных сигналов и весовым вектором впервые разработаны методы анализа статистических характеристик многослойных полносвязных искусственных нейронных сетей с учётом флуктуаций настраиваемых весовых коэффициентов, которые обеспечивают получение рекуррентных соотношений статистических характеристик для каждого слоя искусственной нейронной сети на основе имеющихся статистических характеристик отдельного искусственного нейрона.

На наш взгляд, **практическая ценность** результатов проведенного исследования состоит в том, что реализация разработанных автором методов анализа статистических характеристик АФАР и искусственных нейронных сетей позволят повысить эффективность функционирования современных

РЛС и систем связи в условиях сложной помеховой обстановки за уменьшения уровня искажения полезного сигнала и повышения отношения сигнал/шум на выходе АФАР и искусственных нейронных сетей.

Теоретическая значимость полученных в работе результатов состоит, во-первых, в развитии методов анализа статистических характеристик адаптивных антенных решёток различной структуры и многослойных полносвязных искусственных нейронных сетей с учётом флуктуаций настраиваемых весовых коэффициентов, во-вторых, в получении аналитических выражений, описывающих специфику работы адаптивных антенных решёток и искусственных нейронных сетей с учётом флуктуаций весового вектора для дискретного градиентного и быстрого рекуррентного алгоритмов настройки адаптивных антенных решёток, а также алгоритма Хэбба для настройки искусственных нейронных сетей.

Обоснованность результатов исследования обеспечивается: детальным изучением и анализом публикаций в исследуемой предметной области; правильным выбором исходных данных; полнотой учета факторов, влияющих на эффективность работы адаптивных систем; корректным применением апробированного математического аппарата методов статистической радиофизики, теории адаптивных систем управления, линейной алгебры и теории матриц, аналитического и имитационного моделирования; обоснованным принятием допущений и ограничений при формировании исходных данных для решения частных научных задач; корректным выбором системы показателей и критериев оценки эффективности работы исследуемых адаптивных систем.

Достоверность полученных автором результатов исследования подтверждается сходимостью результатов, полученных прямым вычислением по аналитическим формулам и результатов, полученных на имитационной модели адаптивных антенных решёток и искусственных нейронных сетей.

Результаты диссертационного исследования могут быть использованы в научно-исследовательских учреждениях Министерства обороны Российской Федерации при проведении научных исследований по данной темати-

ке, на предприятиях оборонного комплекса в рамках ОКР по созданию современных и модернизации существующих РЛС с АФАР в интересах ВКО, а также в учебном процессе как гражданских, так и военных учебных заведений.

Результаты работы в достаточной степени **апробированы** на Международных конференциях, на Всероссийских научно-технических и на межведомственных научно-практических конференциях, а также на межведомственных специализированных семинарах. Они **опубликованы** в 1 коллективной монографии и в 30 научных статьях в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки России (из них 21 персональная статья).

В качестве основных **недостатков** можно выделить следующие:

1) на стр. 3 автореферата во втором предложении подраздела «Общая характеристика работы» сформулирована научная проблема, решаемая в диссертации. Традиционный подход предполагает вначале обоснование актуальности темы диссертации, затем формулировку цели проводимых научных исследований и только после этого – формулировку научной проблемы. Кроме того, в автореферате отсутствует формализация решаемой научной проблемы;

2) на стр.8 автореферата в пункте 4 подраздела «Достоверность результатов» говорится о «совпадении результатов, полученных прямым вычислением по аналитическим формулам» и результатов, полученных на «компьютерной имитационной модели реальных адаптивных антенных решёток и искусственных нейронных сетей». В то же время, в тексте автореферата отсутствует описание указанных имитационных моделей;

3) в автореферате отсутствует аналитическое выражение, определяющее зависимость потерь полезного сигнала от флуктуаций весового вектора.

Отмеченные недостатки не являются определяющими и не снижают научной значимости и практической ценности проведенного исследования.

Выводы:

1) Диссертация Зиминой Светланы Валерьевны является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной на-

учной проблемы, состоящей в развитии положений теории статистической обработки сигналов в условиях воздействия помех для повышения эффективности и устойчивости работы адаптивных антенных систем в условиях сложной помеховой обстановки, имеющей важное оборонное значение для Российской Федерации;

2) Работа выполнена в соответствии с п.9,п.п.2 «Положения о присуждении ученых степеней» (введенного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года №842 с изменениями от 1 октября 2018 г.).

3) Диссертация соответствует паспорту специальности 01.04.03 «Радиофизика», а её автор, Зимина Светлана Валерьевна, достойна присуждения учёной степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Заместитель начальника НИЦ (г. Тверь) ЦНИИ ВКС Минобороны России
по научной работе
кандидат технических наук, старший научный сотрудник

«24» сентября 2020 г.

А.И.Менячихин

Начальник научно-исследовательского управления
кандидат технических наук

«24» сентября 2020 г.

Ю.А.Астапенко

Заместитель начальника научно-исследовательского отдела
кандидат технических наук

«24» сентября 2020 г.

Л.В.Никитин

Ведущий научный сотрудник научно-исследовательского отдела
доктор технических наук, доцент

«24» сентября 2021 г.

С.В.Герашченко