



Утверждаю  
 Заместитель начальника ВУНЦ ВВС «ВВА»  
 по учебной и научной работе  
 кандидат военных наук, доцент

*(Signature)*  
 В.Казаков

«27» декабря 2023 года

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Степановой Анастасии Георгиевны на тему: Исследование и разработка итерационных алгоритмов демодуляции в системах беспроводной связи, использующих технологию MIMO с большим числом антенн», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»

### Актуальность темы исследования.

Тенденции развития современных телекоммуникационных систем связаны ростом объемов и скоростей передачи информации при увеличении числа абонентов. Для сетей беспроводной связи одним из путей в данном направлении является использование технологии Massive MIMO (Multiple Input Multiple Output), что означает увеличение количества приемных и передающих антенн базовых станций. Данная технология позволяет достичь высокую спектральную и энергетическую эффективность беспроводных систем связи. Однако в процессе массового внедрения технологии Massive MIMO имеется ряд трудностей, в частности, требуется решение задачи синтеза высокоэффективных алгоритмов цифровой обработки сигналов, обладающих приемлемой вычислительной сложностью. В этой связи тема диссертационной работы носит актуальный характер.

### Наиболее значимые научные результаты исследования.

На наш взгляд, наиболее значимыми научными результатами работы, обладающими научной новизной, являются:

- нелинейный итерационный алгоритм демодуляции для систем MIMO на основе метода Чебышева;
- использование для синтеза негауссовской аппроксимации априорного распределения информационных символов;
- синтез алгоритмов демодуляции систем Massive MIMO с использованием негауссовской аппроксимации априорного распределения передаваемых информационных символов и модифицированного метода Ньютона.

Указанные результаты соответствуют области исследования, определенной паспортом специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций»:

- по пункту 15 (в части исследования и разработки новых сигналов, а также соответствующих модемов, кодеков, мультиплексоров и селекторов,

Вход. № 100/23  
 «27» 12 2023.  
 подпись

обеспечивающих высокую надежность и качество обмена информацией в условиях воздействия внешних и внутренних помех).

Теоретическая значимость работы заключается в развитии методики синтеза нелинейных алгоритмов демодуляции сигналов систем беспроводной связи, использующих технологии ММО и Massive ММО.

Практическая значимость диссертации состоит в обосновании технических решений по разработке демодуляторов систем связи с технологией ММО, эффективных по критерию «помехоустойчивость – вычислительная сложность».

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается:

применением теоретически обоснованных и прошедших апробацию методов статистической радиотехники, математической статистики и имитационного моделирования процессов в технических системах;

корректным выбором ограничений, допущений и исходных данных из практики синтеза и анализа алгоритмов демодуляции сигналов систем радиосвязи.

Она подтверждается наглядной физической трактовкой выявленных закономерностей и эффектов, совпадением результатов теоретических исследований с данными, полученными при статистических испытаниях имитационных моделей, а также частных результатов, используемых диссертантом для выполнения контрольных расчетов по разработанным методикам, с результатами, содержащимися в работах других авторов.

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

Замечания и недостатки.

1. В представлении личного вклада автора нет смысла указывать об обобщении полученных результатов и формулировке выводов.

2. Из содержания автореферата не ясно, какие значения могут принимать параметры аппроксимирующего распределения (16).

3. В содержании автореферата не затронут вопрос, как скорость передачи информации влияет на показатели помехоустойчивости предлагаемых алгоритмов.

Вместе с тем, указанные недостатки не снижают качества выполненной работы и не ставят под сомнение ее положительную оценку.

Выводы.

1. Диссертация «Исследование и разработка итерационных алгоритмов демодуляции в системах беспроводной связи, использующих технологию ММО с большим числом антенн» является завершенной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований решена научная задача, имеющая значение для обеспечения помехоустойчивости беспроводных систем связи.

2. Диссертация обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, соответствующие пункту 15 раздела «Области исследований» паспорта специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций», нашедшие практическое использование при разработке алгоритмов демодуляции систем подвижной радиосвязи и свидетельствующие о вкладе автора в науку.

3. Работа удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Степанова А.Г., достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.15 – «Системы, сети и устройства телекоммуникаций».

Отзыв обсужден и одобрен на заседании 23 отдела научно-исследовательского 2 управления научно-исследовательского научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил) (НИЦ (ППО и УА ВВС)) ВУНЦ ВВС «ВВА» 11 декабря 2023 года, протокол № 23.

Начальник отдела НИЦ (ППО и УА ВВС)  
ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)  
кандидат технических наук (05.11.13),  
доцент (2.2.13)

Беляев Максим Павлович

«20» декабря 2023 года

ВОЕННЫЙ УЧЕБНО-НАУЧНЫЙ ЦЕНТР ВОЕННО-ВОЗДУШНЫХ СИЛ  
«ВОЕННО-ВОЗДУШНАЯ АКАДЕМИЯ ИМЕНИ ПРОФЕССОРА  
Н.Е.ЖУКОВСКОГО И Ю.А.ГАГАРИНА»

394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54а,  
тлф. 8-(473)-244-78-25, E-mail: vva@mil.ru