



ЦЕНТРПРОГРАМСИСТЕМ

Акционерное общество «Научно-исследовательский институт «Центрпрограммсистем»

ВОЕННЫЙ РЕГИСТР



система менеджмента
качества сертифицирована
ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ Р В 0015-002

АО НИИ ЦПС

пр-т Николая Корыткова, д. За,
г. Тверь, Россия, 170024
Тел.: (4822) 44-32-44
Факс: (4822) 39-91-00
info@cps.tver.ru
www.cps.tver.ru

№ _____ На № _____ от _____

Экз. № 1

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального



директора по науке
С.Н. Соколов

2022 г.

Председателю диссертационного совета
Б.В. ПАЛЮХУ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего образования
«Тверской государственный технический
университет»
наб. Афанасия Никитина, д.22,
Тверь, 170026

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертационную работу Морозова Андрея Константиновича «Метод
испытания радиолокационных станций с использованием тестовой системы
на основе беспилотного летательного аппарата», представленную к защите на
соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности
2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации
(технические науки)

При производстве радиолокационных станций (РЛС) существует проблема определения её характеристик в реальных условиях эксплуатации. Для решения этой задачи наиболее надёжным способом является привлечение воздушных средств, так как получаемый результат наиболее достоверен. Данный метод активно используется на заключительных этапах производства и при вводе в эксплуатацию. Однако проведение таких работ требует значительных затрат ресурсов. С развитием технологий в области цифровой генерации сигналов и беспилотных летательных аппаратов открываются возможности по разработке новых методов и применения их

для решения задачи проведения испытаний РЛС. В работе автор разработал новый метод использования беспилотного летательного аппарата с бортовым тестовым оборудованием при проведении испытаний РЛС. Данное направление исследований является **актуальным и перспективным**, так как возможно формирование условий испытаний, приближенных к реальным, без привлечения воздушных средств.

Целью проведенного диссертационного исследования является повышение эффективности проведения испытаний наземных РЛС за счет использования тестовой системы на основе БПЛА.

Новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, состоят в следующем:

1. Разработан новый метод испытания РЛС с использованием БПЛА с активным излучателем тестовых сигналов.

2. Разработаны методики оценки дальности обнаружения РЛС и разрешающей способности по дальности.

3. Проведено компьютерное моделирование для оценки эффективности системы «РЛС – БПЛА – Объективный контроль» в сравнении с системой «РЛС – Самолет – Объективный контроль», получены показатели оценки экономической эффективности для различных типов испытаний РЛС.

Обоснованность и достоверность полученных результатов, положений и выводов основаны на ясной физической интерпретации полученных результатов, использовании достоверных исходных данных, сходимости полученных теоретических результатов с данными имитационного моделирования, непротиворечивости известным результатам, полученным другими авторами в рассматриваемых и смежных предметных областях. Основные положения диссертации приводились автором в научной периодической печати, конференциях и выставках.

Теоретическая значимость результатов состоит в дальнейшем развитии методов испытания наземных РЛС с использованием БПЛА.

Практическая значимость научных результатов состоит в возможности использования разработанного метода для решения актуальных

практических задач, связанных с испытанием и калибровкой наземных РЛС. Предлагаемый метод решает задачу проведения испытаний и калибровки наземной РЛС в условиях эксплуатации с точки зрения затрачиваемых ресурсов в сравнении с облётным методом более эффективно. Практическая значимость результатов исследования подтверждается актом от предприятия АО «ВНИИРТ» о рекомендации использования предложенного метода в качестве технических решений при проведении испытаний радиотехнического оборудования. В работе предложены методики для оценки дальности и разрешающей способности по дальности, реализованные с использованием разработанного программно-аппаратного макета. Также с использованием БПЛА и бортовой тестовой системы можно выполнять испытания для получения оценки других показателей. Например, параметров диаграммы направленности антенны РЛС, точности определения координат станцией.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения и одиннадцати приложений. Список литературы содержит 107 наименований. Представленный материал изложен на 165 страницах машинописного текста, из них 158 страниц основного текста, содержит 60 рисунков и 43 таблицы.

Во введении сформулированы основные цели, задачи исследования, обосновывается актуальность, научная новизна и практическая значимость диссертации, приводятся положения, выносимые на защиту, приведен краткий перечень публикаций, содержащих основные результаты диссертации, и список конференций и выставок, на которых апробировались результаты исследования. Кратко излагается содержание диссертации.

Первая глава «Анализ существующих методов проведения испытаний наземных РЛС и постановка научной задачи» содержит анализ существующей проблематики в вопросах испытания РЛС на заключительных этапах производства и эксплуатации. Приводится схема проведения испытаний с использованием тестовой системы на основе БПЛА, краткий анализ технической возможности и целесообразности использования предлагаемой системы. Приводится постановка научной задачи.

Во второй главе «Метод испытания РЛС с использованием тестовой системы на основе БПЛА» приводится метод испытания РЛС с использованием тестовой системы на основе БПЛА, который в дальнейшем будет реализован в методиках оценки характеристик РЛС с использованием БПЛА. Для описания разрабатываемых методик определяются следующие составляющие: траектория полёта для БПЛА, траектории моделируемых целей; модель тестового сигнала, отсчёты которого зависят от координат носителя и координат точек траекторий моделируемых целей. Также определены уравнения и неравенства, включающие в себя ограничения, существенные с точки зрения проведения испытаний. Ограничения содержат: характеристики используемого оборудования, носителя, характеристик РЛС и т. д. Решение уравнений с учётом ограничений используется для расчёта точек траектории носителя, моделируемых целей, определяющих вид тестового сигнала.

В третьей главе «Методики проведения испытаний с использованием тестовой системы на основе БПЛА» приводятся разработанные методики для измерения дальности обнаружения и разрешающей способности по дальности. Каждая из методик оценки характеристики имеет 3 вариации:

- а) методика оценки дальности обнаружения (разрешающей способности по дальности) с применением одной имитируемой цели (одной пары целей) на заданных угловых координатах;
- б) методика оценки дальности обнаружения (разрешающей способности по дальности) с применением нескольких имитируемых целей (нескольких пар целей) на заданных угловых координатах;
- в) методика оценки дальности обнаружения (разрешающей способности по дальности) с использованием нескольких имитируемых целей (пар целей) с изменением их угловых координат.

В четвертой главе описывается проведённый вычислительный эксперимент для оценки эффективности методики проведения испытаний в интересах получения оценки дальности обнаружения испытуемой наземной РЛС с использованием нескольких имитируемых целей с

изменением их угловых координат. Для автоматизации и упрощения процесса планирования разработана программа, решающая задачу планирования в соответствии с методиками из главы 3. Для выполнения моделирования в соответствии с получаемыми планами испытаний разработана программа для аппаратной части макета, решающая задачу расчёта требуемого тестового сигнала в соответствии с загружаемым планом испытаний. По данным, полученным в процессе моделирования, выполнена оценка характеристик программной модели РЛС. Приводятся результаты оценки эффективности предлагаемого метода с точки зрения затрачиваемых ресурсов в сравнении с натурным методом проведения испытаний.

В заключении приводятся основные результаты исследования и определяются дальнейшие направления развития.

В приложениях приведены акты о внедрении результатов исследований, патенты на изобретения и свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Диссертационная работа написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, что свидетельствует о личном вкладе автора диссертации в науку.

Основные результаты по теме диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях, которые входят в перечень ВАК и базу данных Scopus, что позволяет сделать вывод о полноте, завершённости и публичной аprobации работы. В диссертационной работе отсутствует заимствованный материал без ссылки на автора или источник заимствования. Автореферат отражает содержание диссертационной работы.

Результаты диссертационной работы Морозова А.К. **могут быть использованы** при разработке технических решений для проведения испытаний РЛС. Разработанный программно-аппаратный макет может быть основой для проектирования системы цифровой генерации сигналов с борта БПЛА для испытания наземных РЛС.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на:

- развитие возможностей разработанного метода с учетом излучения сложных сигналов с имитацией их флюктуации и допплеровского сдвига. Это развитие позволит проводить тестирование большинства современных РЛС, использующих сложные сигналы, а также обеспечить имитацию высокоскоростных целей, что актуально для РЛС управления зенитными средствами;
- разработку методик тестирования самого БПЛА, его приемника и излучателя, а также программы управления с целью возможности его дальнейшей сертификации как устройства для проведения испытаний РЛС;
- разработку методик тестирования координатных задач, решаемых в РЛС с имитацией БПЛА маневрирующих высокоскоростных целей.

Замечания по содержанию диссертационной работы:

- 1) В работе основное внимание уделяется применению БПЛА при проведении испытаний РЛС, но не приводится подробного описания используемых РЛС сигналов и возможности излучателя БПЛА. В частности приведено управление только мощностью излучаемого сигнала, не описана возможность имитации флюктуаций и эффекта Допплера.
- 2) При описании методики испытаний на определение разрешающей способности по дальности явно не указано, могут ли с БПЛА излучаться сигналы с наложением друг на друга (период излучения меньше длительности импульса). Это актуально, если РЛС использует сложный сигнал со сжатием импульса и ее разрешение по дальности меньше длительности импульса. Для приводимой РЛС длительность импульса составляет 2,75мкс (порядка 400 метров по дистанции), что превышает разрешающую способность современных РЛС по дистанции.

3) Явно не указывается метод или существующая методика, на основе которой разрабатывался предлагаемый автором метод.

4) В работе ставится цель повышения эффективности проводимых испытаний, но не указываются показатели, с использованием которых

должна решаться оптимизационная задача повышения эффективности. Хотя в 4 главе выполняется сравнение разработанного метода с методом натурных испытаний по используемым ресурсам, оценка по качеству достигаемого результата (в сравнении с натурным) не проводилась.

5) В работе упоминается разработанная программа для планирования испытаний предлагаемым методом, но подробно не приводится процедура верификации самой программы.

6) В работе для апробации метода выполняется компьютерное моделирование с использованием программно-аппаратного макета. По результатам моделирования определяются характеристики программной модели РЛС. Было бы лучше, если бы это были реальные испытания РЛС.

Высказанные замечания не снижают достоинства диссертации Морозова А.К., её основные положения достаточно полно раскрыты в автореферате и публикациях.

Выводы:

1. Тема диссертации важна и актуальна. Содержание области исследования и полученных научных результатов соответствует паспорту специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации.

2. В целом диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, обладает научной новизной и практической ценностью, является законченным самостоятельным исследованием, содержащим решение актуальной научной задачи. Работа прошла необходимую апробацию.

3. Автореферат диссертации правильно и полно отражает её содержание.

Диссертационная работа Морозова Андрея Константиновича представляет законченную научно-квалификационную работу, совокупность результатов в которой позволяет характеризовать её как новое решение

актуальной научной задачи. Диссертация соответствует требованиям п.п. 9 – 14 «Положения о порядке присуждения учёных степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842 с учётом дополнений и изменений от 11.09.2021 г., предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки).

Отзыв составил:

Заместитель директора Центра
по компьютерному моделированию и
разработке тренажеров,
кандидат технических наук



В.Б. Рисунков

16 мая 2022 г.

Отзыв обсужден на заседании экспертной группы НТС 13.05.2022, протокол № 2.

Ведущий научный сотрудник,
кандидат технических наук

В.М.Замятин



16 мая 2022 г.