

0000525

ОАО «КОНЦЕРН ПВО «АЛМАЗ-АНТЕЙ»



ПУБЛИЧНОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«МЕЖГОСУДАРСТВЕННАЯ АКЦИОНЕРНАЯ КОРПОРАЦИЯ «ВЫМПЕЛ»
(ПАО «МАК «ВЫМПЕЛ»)

Адрес места нахождения юридического лица:
Героев Панфиловцев ул., д. 10, корп. 1, г. Москва, 125480
Почтовый адрес: 4-ая ул. 8 Марта, д.3, г. Москва, 125319,
Тел. (499) 152-95-95, факс (499) 152-93-34, E-mail: vimpel@vimpel.ru,
ОКПО 07520665, ОГРН1027700341855, ИНН/КПП 7714041693/773301001

№ _____

На № _____

от _____

УТВЕРЖДАЮ

Президент ПАО «МАК «Вымпел»



А.В. Люхин

11 _____ 2015 г.

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию Лебедева Валентина Павловича на тему
«РАЗВИТИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИРКУТСКОГО
РАДАРА НЕКОГЕРЕНТНОГО РАССЕЯНИЯ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ
КОНТРОЛЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ И ПРОВЕДЕНИЯ
АКТИВНЫХ КОСМИЧЕСКИХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ»,
представленной на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 01.04.03 «Радиофизика»

Основными существующими и создаваемыми радиолокационными средствами получения информации о космических объектах (ИСЗ) являются РЛС с неподвижными или поворотными фазированными антенными решётками (ФАР). Точное знание сложных диаграмм направленности (ДН) таких антенн во всём обеспечиваемом ФАР секторе электронного сканирования, при всех используемых РЛС частотах и видах излучаемых сигналов является неременным условием достижения требуемых высоких точностей координатных и некоординатных измерений в интересах получения информации о наблюдаемых КО. В связи с этим актуальным является совершенствование методов калибровки диаграмм направленности ФАР.

С освоением аппаратных средств высокочастотной и высокоточной оцифровки и регистрации квадратур принятых радиолокационных сигналов на выходе фильтра ПЧ, а также аппаратных средств цифрового формирования зондирующих сигналов с заданными характеристиками

разработчикам радиолокационных средств открылись богатые возможности цифровой обработки сигналов, а также возможности цифрового формирования зондирующих сигналов в широком спектре задаваемых параметров для эффективного выделения из радиолокационных сигналов содержащейся в них информации о радиолокационных объектах. При этом актуальной стала разработка адаптивных методов и алгоритмов формирования и цифровой обработки радиолокационных измерений с использованием текущей сторонней информации о тех или иных наблюдаемых радиолокационных объектах.

Таким образом, решаемые в рамках темы диссертации задачи разработки методов калибровки диаграммы направленности РЛС с ФАР и разработки методов и программных средств обработки и анализа регистрируемых квадратурных составляющих радиолокационных сигналов от КО, принятых РЛС с ФАР, являются актуальными.

В первой главе диссертации представлены результаты разработки и использования автором усовершенствованного метода калибровки диаграммы направленности ФАР применительно к ФАР Иркутского радара некогерентного рассеяния (ИРНР). Метод высокоточного определения формы диаграммы направленности ФАР в функции от частоты сигнала предполагает:

разработку достаточно точной параметрической аналитической модели ДН ФАР с использованием электродинамических соотношений применительно к конкретной конструкции ФАР с учётом особенностей её запитки генерируемым сигналом РЛС;

численное исследование зависимости формы ДН от значений параметров модели (аналитическими методами и с использованием математического моделирования);

оценку параметров модели ДН по экспериментальным результатам наблюдений эталонных объектов, в качестве которых автором используются космические радиоисточники.

Обосновано использование следующего набора параметров аналитической модели ДН ФАР ИРНР: поправочного коэффициента в формуле для параметра замедления сигнала и коэффициента затухания сигнала при распространении его в волноводе вдоль оси антенны, параметра поправок к распределению фазы сигнала на выходе из рупора, относительных амплитуд и фаз волн высших типов, распространяющихся в рупоре антенны.

Предложены и использованы автором наглядные методы оценки перечисленных параметров модели ДН по экспериментальным результатам радиолокационных наблюдений известных космических радиоисточников. В результате, в частности, уточнено уравнение сканирования ДН по азимуту, получены оценки ширины ДН для немодулированного и модулированного сигналов РЛС, направлений максимумов диаграмм направленности и фазо-угломестной характеристики антенны РЛС.

Во второй главе автором разработана и исследована аналитическая модель принятого ИРНР сигнала от КО с учётом процесса распространения сигнала в волноводе ФАР при его излучении и приёме. Получены формулы для поправки к задержке сигнала (и, соответственно, к оценке дальности до КО) в функции от частоты и расположения КО в пределах ДН по азимуту. Получены формулы, связывающие форму фронтов импульсных сигналов РЛС с частотой сигнала и расположением КО в пределах ДН по азимуту, позволяющие получать уточнённые замеры азимута КО.

Разработаны методы оценки параметров и анализа отражённых КО сигналов по результатам регистрации с высоким темпом квадратур комплексных огибающих высокочастотных сигналов, принятых полурупорами ФАР ИРНР. Получены формулы для вычисления по реализациям замеров квадратур сигналов квазиоптимальных оценок дальности, радиальной скорости, азимута и угла места КО. Методом математического моделирования получены оценки точности определяемых по сигналам координатных параметров КО для разных видов сигналов РЛС и разных уровней отношения сигнал/шум.

Применительно к решению ИРНР основной задачи регулярного проведения ионосферных измерений предложен и исследован алгоритм выявления мешающих сигналов от КО, пролетающих во время ионосферных измерений через диаграмму направленности ИРНР. При этом алгоритм не предполагает использования сторонних данных о параметрах орбит и ЭПР известных КО, а рассчитан на настройку на конкретные параметры шума приёмника и использование развёрток импульсных сигналов во времени, которые позволяют получать оценки координат обнаруженных КО. Приведены статистические характеристики обнаружений КО, зарегистрированных в течение нескольких лет в сеансах ионосферных измерений ИРНР.

Проведён анализ возможностей ИРНР по получению оценок параметров орбит наблюдаемых КО. С учётом коротких интервалов времени прохождения КО в секторе ИРНР показано, что по измерениям ИРНР достаточно точно могут определяться только долгота восходящего узла и наклонение орбиты КО. Предложен алгоритм формирования оценок этих параметров орбит КО. Приведён пример определения по измерениям ИРНР параметров орбиты КА «Фобос-Грунт» перед его падением на Землю.

В третьей главе рассмотрены методы и алгоритмы определения по зарегистрированным сигналам ИРНР некоординатных характеристик КО и описаны результаты их экспериментального опробования. Предложен новый метод и алгоритм оценки радиолокационной ЭПР низкоорбитальных КО в диапазоне ИРНР с линейной поляризацией антенны, учитывающий влияние

на сигнал эффекта Фарадея в ионосфере. Алгоритм предусматривает компенсацию в сигнале от КО множителя, зависящего от значения угла Фарадея, который определяется по результатам измерений некогерентного рассеяния сигнала в ионосфере. Приведены результаты экспериментальной проверки метода при получении по измерениям ИРНР оценок ЭПР трёх КО сферической формы с известными расчётными значениями ЭПР в диапазоне частот ИРНР, а также оценки ЭПР КА «Фобос-Грунт».

Приведены примеры оценки по сигналам ИРНР параметров вращения КА EGR, наблюдения ИРНР отделения КА «Чибис-М» от ТГК «Прогресс М-13М». Представлены результаты многолетних экспериментальных исследований ИСЗФ СО РАН с участием автора влияния на сигналы ИРНР плазменных образований, возникающих при работе двигательных установок ТГК серии «Прогресс».

Диссертационное исследование В.П.Лебедева обладает новизной и содержит оригинальные результаты, имеющие научную и практическую ценность.

Все научные положения, выводы и заключения, сформированные в диссертации, обоснованы как теоретическими исследованиями автора, так и результатами экспериментальной проверки и математического моделирования. При этом автор продемонстрировал математическую и физическую грамотность, глубокие знания технических особенностей ИРНР, владение современными методами исследований с применением вычислительных средств, объективность в анализе результатов экспериментальной проверки предлагаемых методов и алгоритмов.

Результаты исследований автора достаточно полно опубликованы и реализованы на практике при расширении диагностических возможностей ИРНР ИСЗФ РАН в программных комплексах расчёта распределения поля диаграммы направленности ФАР ИРНР и расчёта координатных и некоординатных характеристик КО по радиолокационным наблюдениям ИРНР.

Содержание работы соответствует специальности 01.04.03 - «Радиофизика».

Содержание автореферата соответствует материалу диссертации

В работе можно отметить следующие недостатки:

1. В первой главе не указано, каким образом при калибровке диаграммы направленности антенны РЛС по космическим радиосточникам Кассиопея-А и Крабовидная туманность с линейной поляризацией радиоизлучений учитывался эффект Фарадея при прохождении сигналов от источников через ионосферу.

2. При разработке во второй главе модели принятого сигнала от КА использована зависимость сигнала от эффекта Фарадея в ионосфере Земли

(формула 2.5), справедливая строго только для КА, в конструкции которых отсутствуют деполяризующие радиолокационный сигнал элементы (в частности – металлические КА сферической формы). Большинство существующих КА этому условию не соответствуют. Кроме того, не указано, что в формуле использован угол поворота плоскости поляризации на трассе распространения от РЛС до КА и обратно.

3. При оценке точности измерения по сигналам ИРНР дальности до КО с использованием разработанного автором метода не учтено влияние на задержку сигнала ионосферы (стр. 58, 59).

Несмотря на отмеченные недостатки, диссертационная работа В.П.Лебедева является законченной научно-квалифицированной работой, содержащей решение научных задач совершенствования и исследования методов калибровки диаграммы направленности ФАР, методов и алгоритмов обработки радиолокационных сигналов для определения координатных и некоординатных параметров КО. Работа отвечает требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.03 – «Радиофизика».

Главный конструктор – заместитель начальника научно-исследовательского и проектно-конструкторского отделения ПАО «Межгосударственная акционерная корпорация «Вымпел» (адрес 125480 Москва, ул. Героев Панфиловцев, д. 10, корп. 1, тел. (499) 152-95-95, e-mail vimpel@vimpel.ru), к.т.н. по специальности 05.12.04 - «Радиолокация и радионавигация», с.н.с.



Шилин Виктор Дмитриевич

«Подпись Шилина В.Д. заверяю»

Учёный секретарь ПАО «МАК «Вымпел», д.т.н.

К.М. Литвинов