

УДК 621.396.969

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ КОРАБЕЛЬНЫХ РЛС САНТИМЕТРОВОГО И МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНОВ

В. И. ЛУЦЕНКО, И. В. ЛУЦЕНКО

*Институт радиопизики и электроники Национальной Академии наук Украины,
Украина, Харьков, 61085, ул. Проскуры 12*

Аннотация. Комплексное использование радиолокационной информации систем различных диапазонов позволяет повысить эффективность радиолокационного обнаружения объектов на фоне помех от морской поверхности. Характеристики отражений от моря в сантиметровом и миллиметровом диапазонах волн и ограничения, связанные с их коррелированностью, являются предметом изучения и описания в настоящей работе. В статье приведены результаты экспериментального изучения статистических характеристик (спектры, законы распределения) отражений от моря, в том числе и при совместной обработке как отметок, так и выходных сигналов узкополосных доплеровских фильтров. Получены соотношения для оценки рабочих характеристик комплекса систем при мультипликативном и аддитивном способах объединения информации. Проведено их сопоставление с результатами машинного эксперимента с использованием реальных записей отражений от моря. Основой является натурный эксперимент в сочетании с математическим моделированием. Показано, что корреляция отражений от моря в сантиметровом и миллиметровом диапазонах волн является фактором, ограничивающим эффективность комплексирования систем этих диапазонов.

Ключевые слова: радиолокационное обнаружение объектов; помехи от морской поверхности; сантиметровый диапазон; миллиметровый диапазон; отражения от моря; статистические характеристики; обработка сигналов

ВВЕДЕНИЕ

Комплексное использование радиолокационной информации систем различных диапазонов позволяет повысить эффективность радиолокационного обнаружения объектов на фоне помех от морской поверхности. Разработка и создание многочастотных радиолокационных систем (РЛС) различного назначения, обширные публикации в патентной и научно-технической литературе, связанные с техникой приема-передачи многочастотных сигналов [1], проработка теоретических вопросов рациональной обработки радиолокационной информации, свидетельствуют о том, что многочастотная радиолокация является одним из интенсивно развивающихся и перспективных направлений.

Применение многочастотных сигналов в радиолокации обусловлено целью уменьшить степень отрицательного влияния флуктуаций отраженных от объектов сигналов на характеристики обнаружения РЛС и точность измерения координат. При этом разнос частот выбирается из условия обеспечения статистической независимости отраженных от объектов сигналов.

В [1–3] разработаны общие подходы к расчету характеристик обнаружения многочастотных РЛС, как для различных способов объединения радиолокационной информации, так и различных объемов информации, используемой в каждой из систем для принятия решения. В качестве исходных предпосылок предполагалась независимость флуктуаций сигналов

DOI: [10.20535/S0021347019100042](https://doi.org/10.20535/S0021347019100042)
© В. И. Луценко, И. В. Луценко, 2019

5. Эль Машад, М.Б. “Оценка эффективности усложненных версий CFAR обнаружителей при наличии сторонних целей,” *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 59, № 12, С. 14–32, 2016. DOI: [10.20535/s0021347016110017](https://doi.org/10.20535/s0021347016110017).

6. Elmashade, M. B. “Heterogeneous performance analysis of the new model of CFAR detectors for partially-correlated χ^2 -targets,” *J. Syst. Engineering Electronics*, Vol. 29, No. 1, p. 1-17, Feb. 2018. DOI: [10.21629/jsee.2018.01.01](https://doi.org/10.21629/jsee.2018.01.01).

7. Эль Машад, М.Б. “Обнаружение частично коррелированных χ^2 целей CFAR радаром при наличии сторонних целей,” *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 59, № 1, С. 3–33, 2016. DOI: [10.20535/s0021347016010015](https://doi.org/10.20535/s0021347016010015).

8. Эль Машад, М.Б. “Эффективность новых версий CFAR обнаружителей при обработке М-коррелированных импульсов в условиях помех,” *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 62, № 4, С. 179–187, 2019. DOI: [10.20535/s0021347019040010](https://doi.org/10.20535/s0021347019040010).

9. Боушелагем, Х.Е.; Хамадуш, М.; Солтани, Ф.; Баддари, К. “Распределенная система обнаружения пространства помех с постоянной вероятностью ложных тревог с использованием правил нечеткого объединения,” *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 62, № 1, С. 3–12, 2019. DOI: [10.20535/s0021347019010011](https://doi.org/10.20535/s0021347019010011).

10. Bouchelaghem, H. E.; Hamadouche, M. “Performance analysis of a new CFAR detector for heterogeneous environments,” *Digital Signal Processing*, Vol. 9, No. 2, p. 35-39, 2017. URI: <http://www.citiresearch.org/dl/index.php/dsp/article/view/DSP022017004>.

11. Пиза, Д.М.; Мороз, Г.В. “Методы формирования классифицированной обучающей выборки для адаптации весового коэффициента автокомпенсатора помех,” *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 61, № 1, С. 47–54, 2018. DOI: [10.20535/s0021347018010041](https://doi.org/10.20535/s0021347018010041).

12. Lekhovytsky, D. I. “To the theory of adaptive signal processing in systems with centrally symmetric receive channels,” *EURASIP J. Advances Signal Process.*, Vol. 33, p. 1-11, 2016. DOI: [10.1186/s13634-016-0329-z](https://doi.org/10.1186/s13634-016-0329-z).

13. Левин, Б.Р. *Теоретические основы статистической радиотехники*. Изд. в 3 т.: Т. 1. М.: Сов. радио, 1974. 549 с.

14. Кравченко, В.Ф.; Луценко, В.И.; Масалов, С.А.; Пустовойт, В.И. “Анализ нестационарных сигналов и полей с использованием вложенных полумарковских процессов,” *Доклады российской академии наук*, Т. 453, № 2, С. 1–4, 2013. DOI: [10.7868/s0869565213320108](https://doi.org/10.7868/s0869565213320108).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Вишин, Г.М. *Многочастотная радиолокация*. М.: Изд. Министерства Обороны СССР, 1973. 92 с.

2. Грассо, Г.; Гуаргуаглини, Р. “Характеристики обнаружения многочастотной РЛС,” *Зарубежная радиоэлектроника*, № 8, С. 45–55, 1968.

3. Бакут, П.А.; Большаков, И.А.; Герасимов, Б.П.; и др. *Вопросы статистической теории радиолокации*. М.: Сов. радио, 1963. 423 с.

4. Кравченко, В.Ф.; Луценко, В.И.; Луценко, И.В. *Рассеяние радиоволн морем и обнаружение объектов на его фоне*. М.: Физматлит, 2015. 448 с.

Поступила в редакцию 25.04.2019

После доработки 13.10.2019

Принята к публикации 22.10.2019