

УДК 621.396.96

## МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ КЛАССИФИЦИРОВАННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ ВЫБОРКИ ПРИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ ПОМЕХИ

Д. М. ПИЗА<sup>1</sup>, Т. И. БУГРОВА<sup>1</sup>, В. Н. ЛАВРЕНТЬЕВ<sup>2</sup>, Д. С. СЕМЕНОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Запорожский национальный технический университет,  
Украина, Запорожье, 69063, ул. Жуковского, 64*

<sup>2</sup>*Казенное предприятие «Научно-производственный комплекс «Искра»,  
Украина, Запорожье, 69071, ул. Магистральная, 84*

**Аннотация.** В условиях воздействия комбинированных помех эффективность работы радиолокационных средств существенно ухудшается. Это обусловлено декорреляцией сигналов точечного источника активной помехи, действующей на РЛС, пассивной помехой. В статье рассмотрены методы формирования классифицированной обучающей выборки, порожденной только активной помехой, для адаптации весовых коэффициентов пространственных фильтров в условиях воздействия комбинированных помех. Разработан эффективный метод формирования классифицированной обучающей выборки, порожденной активной маскирующей помехой, для пространственной обработки радиолокационных сигналов в условиях одновременного воздействия пассивных помех. Разработанный метод формирования обучающей выборки основан на оценке ширины нормированной автокорреляционной функции в каждом элементе разрешения по дальности. Текущий анализ составляющих комбинированной помехи в каждом элементе разрешения повышает качество классификации составляющих помех и, как следствие, минимизирует влияние пассивной помехи на процесс адаптации пространственного фильтра. Рассмотрены теоретические и практические аспекты формирования классифицированной обучающей выборки. Разработана функциональная схема классификатора составляющих комбинированной помехи. Проведено сравнение эффективности предложенного метода с известными корреляционными методами. Текущий анализ составляющих комбинированной помехи в каждом элементе разрешения по дальности повышает качество классификации помех, что важно в условиях сложной гидрометеорологической обстановки.

**Ключевые слова:** обработка радиолокационных сигналов; адаптивная пространственная фильтрация; комбинированная помеха; классифицированная обучающая выборка; нормированная автокорреляционная функция; функциональная схема

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Наиболее сложными условиями работы радиолокационной системы является одновременное воздействие активной и пассивной (комбинированной) помехи [1, 2]. Известно, что источники активных маскирующих помех могут иметь естественное или искусственное происхождение. Однако, независимо от их происхождения, они являются точечными.

Пассивные помехи возникают вследствие переотражения зондирующего сигнала от гидрометеоров, облаков диполей, подстилающей поверхности. Пассивные помехи разрушают пространственную корреляцию сигналов, излучаемых точечными источниками активных маскирующих помех. Это приводит к существенному ухудшению качества компенсации последних.

DOI: [10.20535/S0021347018070051](https://doi.org/10.20535/S0021347018070051)

© Д. М. Пиза, Т. И. Бугрова, В. Н. Лаврентьев, Д. С. Семенов, 2018

3. Практическая новизна состоит в разработке функциональной схемы классификатора, а также в сравнении эффективности предложенного метода формирования классифицированной обучающей выборки с известными корреляционными методами.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев, В.Г.; Нгуен, Т.Ф. “Адаптивная обработка сигналов на фоне комбинированных помех,” *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 58, № 2, С. 48–53, 2015. DOI: [10.20535/S0021347015020053](https://doi.org/10.20535/S0021347015020053).

2. Пиза, Д.М.; Звягинцев, Е.А.; Мороз, Г.В. “Метод компенсации активной составляющей комбинированной помехи в когерентно-импульсной РЛС,” *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 59, № 6, С. 23–29, 2016. DOI: [10.20535/S0021347016060030](https://doi.org/10.20535/S0021347016060030).

3. *Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник*. Изд. 2-е, перераб. и доп. Под ред. Я.Д.Ширмана. М.: Радиотехника, 2007. 512 с.

4. Рябуха, В.П.; Рачков, Д.С.; Семеняка, А.В.; Катюшин, Е.А. “Оценка интервала фиксации пространственного весового вектора при последовательной пространственно-временной обработке сигналов на фоне комбинированных помех,” *Известия вузов*.

*Радиоэлектроника*, Т. 55, № 10, С. 13–25, 2012. URI: <http://radio.kpi.ua/article/view/S0021347012100020>.

5. Уидроу, Б.; Стирнз, С. *Адаптивная обработка сигналов*. Пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989. 440 с.

6. Ивлев, Д.Н.; Орлов, И.Я.; Сорокина, А.В.; Фитасов, Е.С. *Адаптивные алгоритмы компенсации помех*. Нижний Новгород: ННГУ им. Н.И.Лобачевского, 2014. 88 с.

7. Пиза, Д.М.; Сиренко, А.С. “Спосіб захисту когерентно-імпульсних радіолокаційних станцій від комбінованих завад,” Пат. 78120 Україна, МПК G01S 7/36. Запорізький національний технічний університет; заявл. 28.08.2012; опубл. 11.03.2013, *Бюл. Изобр.* № 5.

8. Пиза, Д.М.; Лаврентьев, В.Н.; Семенов, Д.С. “Метод формирования классификационной обучающей выборки для автокомпенсатора помех при время-пространственной фильтрации сигналов,” *Радиоэлектроника, информатика, управление*, № 3, С. 18–22, 2016. DOI: [10.15588/1607-3274-2016-3-2](https://doi.org/10.15588/1607-3274-2016-3-2).

9. Гоноровский, И.С. *Радиотехнические цепи и сигналы*. Учебник для вузов. М.: Сов. радио, 1977. 608 с.

10. Леховицкий, Д.Н.; Рябуха, В.П.; Жуга, Г.А. “СДЦ в импульсных РЛС: 1. Физический смысл и экстремальные свойства операций оптимальной междупериодной обработки гауссовых сигналов на фоне гауссовских пассивных помех,” *Прикладная радиоэлектроника*, Т. 10, № 10, С. 463–478, 2011.

Поступила в редакцию 26.10.2016

После переработки 14.06.2018