

ВЛИЯНИЕ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ПОМЕХ НА СИСТЕМЫ ПОМЕХОЗАЩИТЫ ИМПУЛЬСНО-ДОПЛЕРОВСКИХ РАДАРОВ

Предложена методика оценки влияния интерференции активных помех на системы помехозащиты импульсно-доплеровских радаров. Для этого в полигонных условиях была проведена регистрация шумовой активной помехи, принятой двухканальным приемным устройством при темпе сканирования антенной системы в режиме кругового обзора 5 и 10 секунд и частоте повторения импульсов 1500, 750 и 375 Гц. Показано, что при увеличении темпа сканирования и уменьшении частоты повторения импульсов флуктуации межканального отношения амплитуд на интервале когерентной обработки увеличиваются, что приводит к деградации параметров пространственного фильтра в режиме запоминания весовых коэффициентов.

Ключевые слова: адаптация, активная помеха, интерференция, пространственная фильтрация, когерентная обработка, радар.

ВВЕДЕНИЕ

В теории распространения радиоволн существуют различные модели каналов приема [1, 2], учитывающие движение источника или приемника радиосигнала, рельеф местности, а также наличие переотражающих объектов на трассе распространения радиосигналов. Однако, использование известных моделей не позволяет оценить влияние переотражений активных помех на эффективность многоканальных систем помехозащиты импульсно-доплеровских радаров. Ситуация усложняется при проектировании систем помехозащиты, функционирующих при одновременном воздействии как активных шумовых, так и пассивных помех. Учитывая, что такой режим воздействия в современных условиях является наиболее вероятным, представляется целесообразным произвести статистическую оценку интерференции помеховых сигналов на эффективность систем помехозащиты в реальных условиях работы радаров.

1. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ИНТЕРФЕРЕНЦИИ ПОМЕХ

В современных импульсно-доплеровских РЛС как гражданского, так и военного назначения используется пачечная обработка принимаемых отраженных сигналов с межпачечной вобуляцией частоты повторения импульсов. Такая обработка, например, реализована в аэродромной диспетчерской РЛС ASR-9 (США) [3], а также в РЛС 36Д6 (Украина) [4]. Когерентность принимаемых сигналов в частотной пачке позволяет обеспечить их эффективное накопление и, с учетом вобуляции, осуществить спектральный анализ с последующим выделением полезных сигналов на фоне пассивных помех.

Помехозащищенность РЛС с пачечной обработкой сигналов обеспечивается путем использования пространственно-временной фильтрации. При этом, с целью исключения расширения спектра пассивной помехи при непрерывной адаптации пространственного фильтра, используют режим с запоминанием весовых коэффициентов на интервалах когерентной обработки сигналов [5]. Запоминание весовых коэффициентов пространственного фильтра исключает модуляцию пассивной составляющей комбинированной помехи, что, при дальнейшей обработке во временном фильтре, улучшает выделение полезных сигналов на фоне пассивных помех. Однако, при этом эффективность пространственной фильтрации снижается. Это обусловлено интерференционными явлениями при распространении помеховых сигналов, которые приводят к изменению межканальной разности амплитуд на интервалах с фиксированными значениями весовых коэффициентов пространственного фильтра. Многоканальность систем пространственной фильтрации существенно усложнила применение аналитического подхода. Поэтому, в предложенной методике при оценке влияния интерференции активных помех на пространственно-временную фильтрацию сигналов в импульсно-доплеровских радаров использован экспериментальный метод исследования. Для этого в полигонных условиях была проведена регистрация шумовой помехи, принятой двухканальным приемным устройством, с темпом сканирования 5 и 10 с при разных частотах повторения импульсов (ЧПИ): 1500 Гц, 750 Гц, 375 Гц. Оцифровка помеховых сигналов проводилась 10-ти разрядным АЦП на промежуточной частоте, равной 4,6 МГц, в полосе 2,8 МГц синхронно в основном и компенсационном канале. Были вычислены отношения δ_j средней мощности компенсационного

канала $P_{\text{комп}_j}$ к мощности основного канала $P_{\text{осн}_j}$ в каждом j -м периоде повторения

$$\delta_j = 10 \lg(P_{\text{комп}_j} / P_{\text{осн}_j}),$$

$$P_{\text{комп}_j} = \frac{1}{D} \sum_{k=1}^D x_k^2,$$

$$P_{\text{осн}_j} = \frac{1}{D} \sum_{k=1}^D y_k^2,$$

где D – количество дискретов дальности в периоде повторения, x_k и y_k – амплитуды k -го дискрета дальности компенсационного и основного каналов, соответственно. На основе проведенных расчетов определены значения σ_i – среднеквадратические отклонения (СКО) отношений δ_j на каждом i -ом интервале когерентной обработки сигналов:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=1}^N (\delta_j - \bar{\delta}_i)^2},$$

где N – количество периодов повторения в i -ой частотной пачке, $\bar{\delta}_i$ – среднее значение отношений δ_j на i -том интервале когерентной обработки сигналов в радаре.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рис. 1–5 приведены СКО межканальных отношений амплитуд помеховых сигналов в каналах приема адаптивного пространственного фильтра на интервалах когерентной обработки при разных темпах сканирования и различных ЧПИ.

Средние значения $\bar{\sigma}_i$ за один оборот антенной системы в различных режимах работы радара сведены в табл. 1.

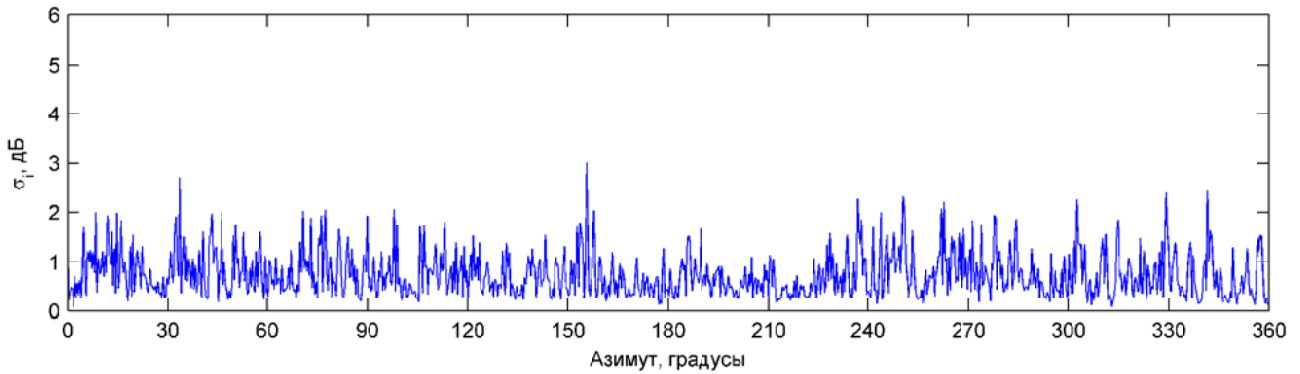


Рис. 1. Значения σ_i за один оборот антенной системы (темп сканирования 10 с, ЧПИ 1500 Гц)

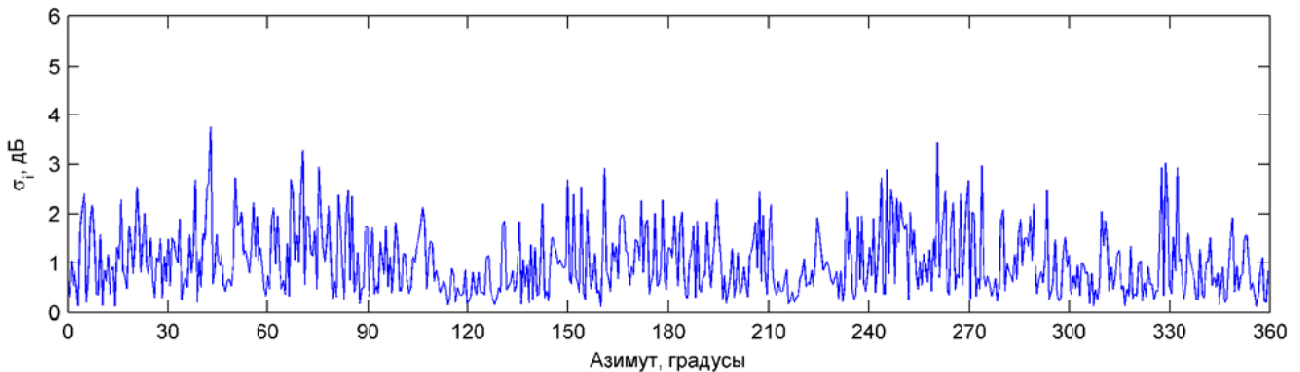


Рис. 2. Значения σ_i за один оборот антенной системы (темп сканирования 10 с, ЧПИ 750 Гц)

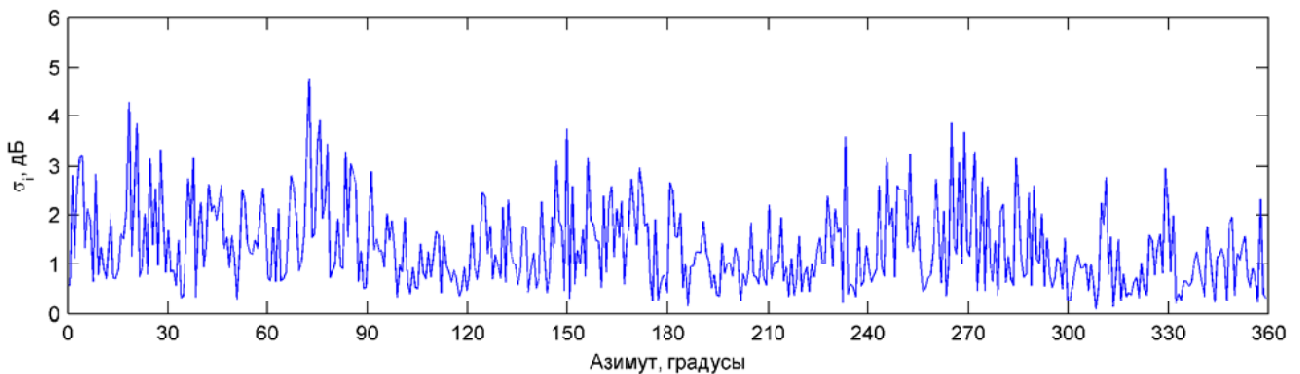


Рис. 3. Значения σ_i за один оборот антенной системы (темп сканирования 10 с, ЧПИ 375 Гц)

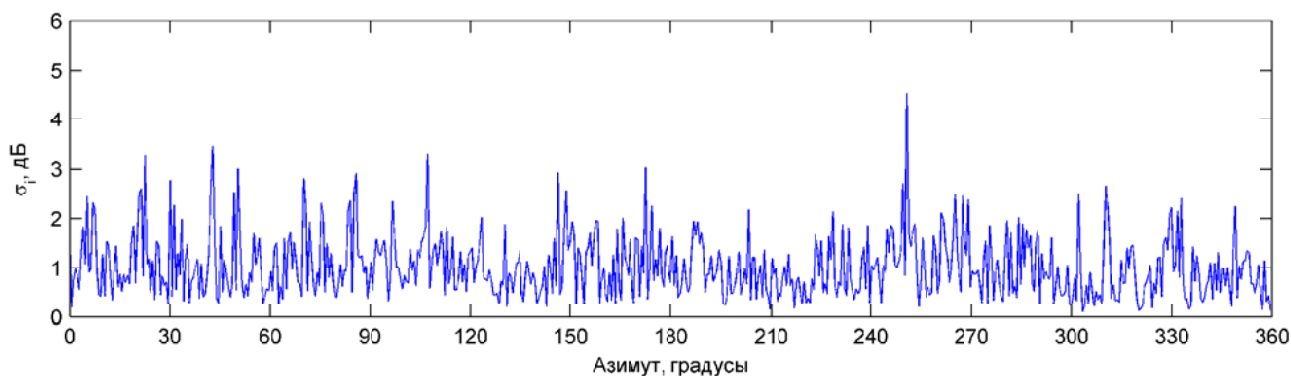


Рис. 4. Значения σ_i за один оборот антенной системы (темп сканирования 5 с, ЧПИ 1500 Гц)

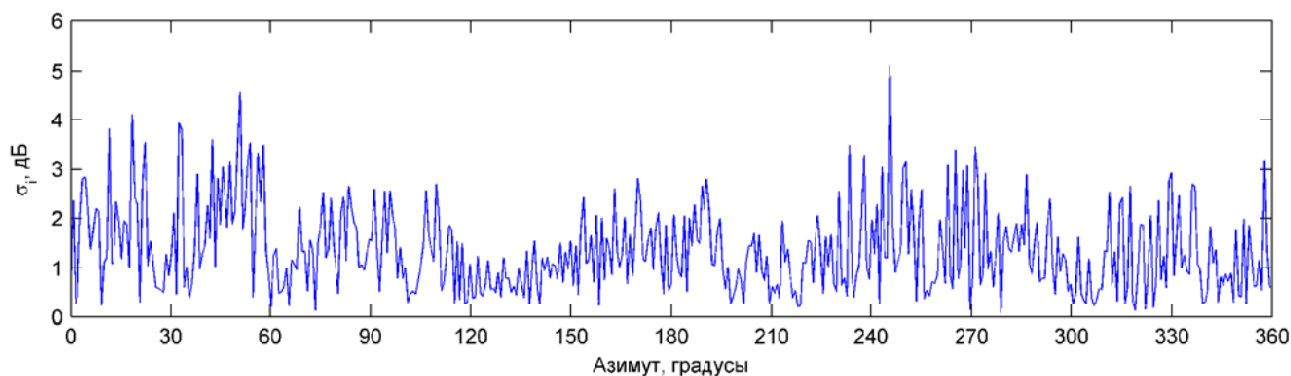


Рис. 5. Значения σ_i за один оборот антенной системы (темп сканирования 5 с, ЧПИ 750 Гц)

Таблица 1. Средние значения СКО $\bar{\sigma}_i$ за обзор

Темп сканирования, с	10			5	
	ЧПИ, Гц	1500	750	375	1500
$\bar{\sigma}_i$, дБ	0,738	1,020	1,345	1,025	1,354
N	16	12	8	12	8

Совместный анализ полученных результатов дает основание считать, что изменение межканальных соотношений амплитуд, обусловленное интерференцией помеховых сигналов при вращении антенной системы, зависит от режима работы радара. Из табл.1 следует, что с увеличением темпа сканирования и уменьшением ЧПИ флуктуации межканальных отношений амплитуд возрастает, что ограничивает эффективность работы адаптивного пространственного фильтра.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Получены количественные оценки влияния интерференции на межканальное изменение амплитуд помеховых сигналов в каналах приема адаптивного пространственного фильтра. Это позволяет оценить деградацию его параметров в режиме с запоминанием весовых ко-

эффициентов. Установлено, что при увеличении темпа сканирования и уменьшении ЧПИ, флуктуации отношения амплитуд между каналами приема на интервале когерентной обработки возрастает.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Jeruchim, M. C.* Simulation of Communication Systems, Second Edition / *Jeruchim M. C., Balaban P., Shanmugan K. S.* – New York, Kluwer Academic Plenum, 2002. – P. 545–591.
2. *Гавриленко, В. Г.* Распространение радиоволн в современных системах мобильной связи [Текст] / *В. Г. Гавриленко, В. А. Яшнов.* – Нижний Новгород, НГУ им. Лобачевского, 2000. – 64 с.
3. *Taylor, J. W., Jr.* «Design of a new airport surveillance radar (ASR-9)» / *J. W. Taylor Jr., G. Brunins* // Proceedings of the IEEE. – 1985. – vol. 73, no. 2. – P. 284–289.
4. Радиолокационная станция 36Д6М. Эксплуатация и техническое обслуживание [Текст] / [Май И. Д., Каспирович А. Г., Винник В. А. и др.]. – Запорожье : КП НВК «Искра», 2006. – 140 с.
5. *Пиза, Д. М.* Особенности адаптации пространственных фильтров при воздействии комбинированных помех [Текст] / *Д. М. Пиза, А. П. Залевский* // Радиоэлектроника, информатика, управление. – 2005. – № 1. – С. 45–48.

Стаття надійшла до редакції 16.01.2013.

Піза Д. М.¹, Залевський О. П.², Сіренко А. С.³

¹Д-р техн. наук, професор, Запорізький національний технічний університет, Україна

²Канд. техн. наук, доцент, Запорізький національний технічний університет, Україна

³Старший викладач, Запорізький національний технічний університет, Україна

ВПЛИВ ІНТЕРФЕРЕНЦІЇ ЗАВАД НА СИСТЕМИ ЗАВАДОЗАХИСТУ ІМПУЛЬСНО-ДОПЛЕРІВСЬКИХ РАДАРІВ

Запропонована методика оцінки впливу інтерференції активних завад на системи завадо захисту імпульсно-доплерівських радарів. Для цього в полігонних умовах було проведено реєстрацію шумової активної завади, прийнятої двоканальним приймальним пристроєм при темпі сканування антенної системи в режимі кругового огляду 5 і 10 секунд і частоті повторення імпульсів 1500, 750 і 375 Гц. Показано, що при прискоренні темпу сканування і зменшенні частоти повторення імпульсів зміна міжканального відношення амплітуд на інтервалі когерентної обробки збільшується, що призводить до деградації параметрів просторового фільтра в режимі запам'ятовування вагових коефіцієнтів.

Ключові слова: адаптація, активна завада, інтерференція, просторова фільтрація, когерентна обробка, радар.

Piza D. M.¹, Zalevskiy A. P.², Sirenko A. S.³

¹Ph.D., professor, Zaporizhian National Technical University, Ukraine

²Ph.D., associate professor, Zaporizhian National Technical University, Ukraine

³Senior Lecturer, Zaporizhian National Technical University, Ukraine

THE INFLUENCE OF JAMMING SIGNAL INTERFERENCE ON PULSE-DOPPLER RADAR ELECTRONIC COUNTER-COUNTERMEASURES

A method to evaluate the influence of jamming signal interference on pulse-doppler radar ECCM has been developed. We have registered a noise jamming signal, which has been picked up by 2-channel receiving device using scanning rate of antennae system in full circle mode 5 and 10 seconds, pulse repetition frequency (PRF) 1500, 750 and 375 Hz in the field conditions to develop said method. We have quantified the influence of jamming signal interference on the relationships of magnitudes in reception channels of adaptive spatial filter with weight store during coherent processing interval (CPI). It is shown that with an increase in scanning rate and decrease of PRF, the change of interchannel magnitude relationship increases on CPI, which causes the degradation of parameters of spatial filter in weight store mode.

Keywords: adaptation, active jamming, interference, spatial filtering, coherent processing, radar.

REFERENCES

1. Jeruchim, M. C., Balaban, P., and Shanmugan, K. S. Simulation of Communication Systems, *Second Edition*. New York, Kluwer Academic, Plenum, 2002, pp. 545–591.
2. Gavrilenko V. G. Rasprostranenie radiovoln v sovremennyx sistemax mobil'noj svyazi, Nizhnij Novgorod, NGU im. Lobachevskogo, 2000, 64 p.
3. Taylor, J. W., Jr.; Brunins, G., «Design of a new airport surveillance radar (ASR-9)». *Proceedings of the IEEE*, 1985, vol. 73, No.2, pp. 284–289.
4. Maj I. D., Kaspirovich A. G., Vinnik V. A. Radiolokacionnaya stanciya 36D6M. Ekspluatatsiya i texnicheskoe obsluzhivanie. Uchebnoe posobie. Zaporozh'є, KP «NPK «Iskra», 2006, 140 p.
5. Piza D. M. Zalevskij A. P. Osobennosti adaptacii prostranstvenny'x fil'trov pri vozdeystvii kombinirovanny'x pomex, *Radio Electronics, Computer Science, Control*, 2005, No. 1, pp. 45–48.