

УДК 629.76

Д.П. Пашков

Національний університет оборони України, Київ

## МЕТОДИКА УЧЕТА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИГНАЛА И ПОМЕХИ В ПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВАХ НАЗЕМНЫХ РАДИОСИСТЕМ

*В статье предложен один из путей учета взаимодействия радиосигнала и узкополосной помехи в приемных устройствах наземных радиотехнических систем (РТС). При этом определяется аналитическое выражение обеспечивающего вычисления мощности помехи, прошедшей через радиоприемный тракт.*

**Ключевые слова:** прием радиосигнала, приемное устройство, радиотехническая система, узкополосная помеха.

### Введение

Интенсивное развитие цифровых технологий в технике и внедрение их во все отрасли, позволило за последнее десятилетие существенно улучшить эксплуатационно-технические характеристики многих систем и приборов, в том числе радиотехнических. Однако на сегодняшний день так и нерешен вопрос качественного приема радиосигнала в различных условиях в сложной электромагнитной обстановки [1, 2].

**Анализ литературы.** Как отмечалось в работах [1 – 4] основной канал приема является наиболее уязвимым для всех видов шумов, так как он открыт для приема полезного сигнала. Существуют различные способы борьбы с шумами в основном канале [5 – 7]: компенсация помех, применение временной селекции, использование режекторных фильтров и другие направления. При этом, все эти способы пригодны для определенных видов полезных сигналов. Для узкополосных же сигналов, которые находят еще широкое распространение в рассматриваемых РТС, устранить влияние помех в тракте радиоприемного устройства (РПУ) практически невозможно. Особенно опасны при прямом прохождении узкополосные помехи, т.к. они имеют значительную мощность в ограниченной,

меньше полосы основного канала интервала частот, что приводит к нелинейному взаимодействию сигнала и помехи.

Кроме этого, следует отметить, что в следствие малой полосы пропускания основного канала, определяемой полосой пропускания усилителя низких частот, последней ступени вероятность показания сосредоточенной помехи в исследуемый канал приема достаточно мало, особенно при правильно выбранной несущей частоте при проектировании РТС [2]. Тем не менее опасность попадания помехи в этот канал существует.

**Постановка задачи.** В связи с этим возникает необходимость исследовать вопрос связанный с учетом помех и их нелинейного влияния на канал приема и предложить разрешения данного вопроса.

Поэтому **целью статьи** является разработка методики учета нелинейного взаимодействия сигнала и помехи в приемных устройствах наземных радиотехнических систем.

### Изложение основного материала

Для начала необходимо определить мощность сигнала на выходе линейной части РПУ. Так как частотно-избирательная характеристика характеризуется своей частотной характеристикой  $K(\omega)$

$$K(\omega) = \begin{cases} k_0, & \omega_{пч} - \frac{\Pi_k}{2} \leq \omega \leq \omega_{пч} + \frac{\Pi_k}{2}; \\ 0, & \omega < \omega_{пч} - \frac{\Pi_k}{2}; \quad \omega > \omega_{пч} + \frac{\Pi_k}{2}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $k_0$  – коэффициент передачи в усилителе промежуточной частоты на частоте настройки, а  $\Pi_k$  – полоса пропускания в усилителе промежуточной частоты; то это значение на практике всегда значительно меньше максимальной интенсивности энергетического спектра помехи  $S_0$ , при котором описание спектра помехи в виде

$$S_{пом}(\omega, t) = S_{он} \exp\left(-\frac{(\omega - \omega_0)^2}{2\beta^2}\right), \quad (2)$$

где  $S_{он}$  – интенсивность помехи по частоте  $\omega_0$ , а  $\beta = \Pi_{пом} / \sqrt{\pi}$  определяется энергетической шириной полосы помехи, то мощность помехи на выходе РПУ будет равна

$$P_{\Pi} = \int_0^{\infty} K_0 S_{\Pi}(\omega) d\omega = K_0 \sqrt{\pi} S_0 \beta, \quad (3)$$

где  $K_0$  – коэффициент усиления основного канала РПУ.

Другим важным фактором, приводящим к проникновению мощности помех на выход РПУ является наличие большого числа паразитных каналов

приема [3 – 5]. Определим мощность помехи на выходе РПУ при ее попадании в один из рассматриваемых каналов. Примем, что частотно-избирательные свойства приемника характеризуются частотно-зависимым порогом  $C(\omega)$  определим выражением

$$C(\omega) = \begin{cases} B / (K_{pm,n} H^2(f_{m,n}) k_0), & \text{при } f_{m,n} - \Pi_k/2 \leq \omega \leq f_{m,n} + \Pi_k/2; \\ \infty, & \text{при } \omega > \omega_{m,n} - \Pi_k/2; \quad \omega < \omega_{m,n} + \Pi_k/2. \end{cases}$$

При этом энергетический спектр помехи можно аппроксимировать функцией (2). Следует отметить, что на частотах паразитных каналов  $\omega_{m,n}$  избирательность преселектора  $1/H(\omega_{m,n})$  достаточно велика, что объясняется познанием последнего, а коэффициенты передачи смесителя по этим каналам значительно меньше 1. Поэтому значение частотно-избирательного порога  $C(\omega)$  на частотах паразитных сигналов приема будет сравним с максимумом огибающей энергетического спектра помехи. Поэтому мощность помехи, прошедшей через РПУ, как это видно из рис. 1, можно вычислить, используя выражение

$$P_{\Pi} = \int_{-\Delta\omega/2}^{\Delta\omega/2} [s(\omega) - c(\omega)] d(\omega - \omega_{\Pi}), \quad (4)$$

где  $\Delta\omega$  – протяженность по частоте выброса  $S(\omega)$ .

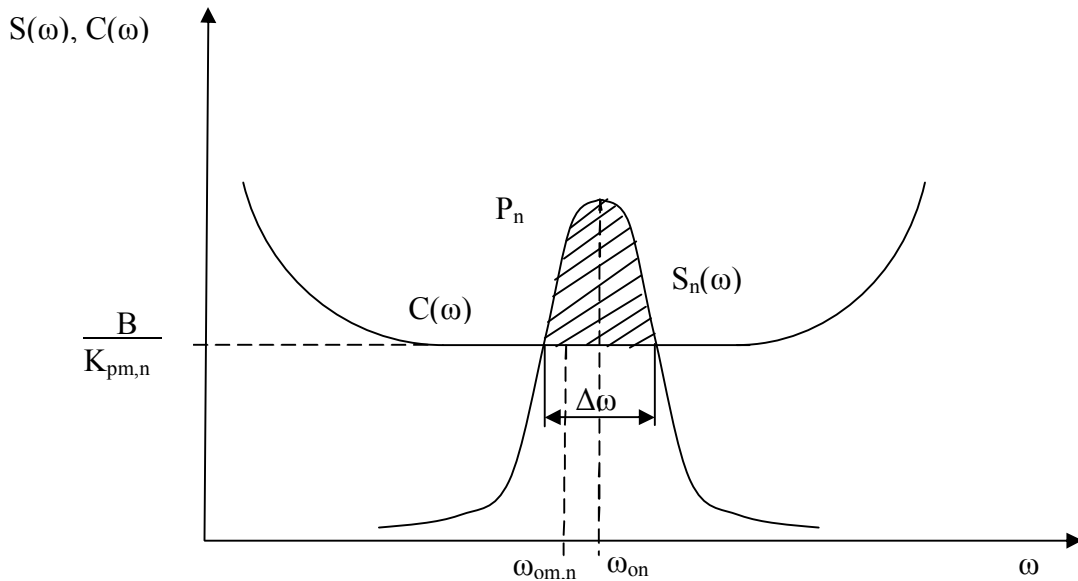


Рис. 1. Пересечение спектром помехи частотно-избирательной характеристики РПУ

Огибающую энергетического спектра  $S(\omega)$ , можно представить степенным рядом вида [4]

$$S(\omega) = S_{\Pi 0} \left[ 1 - \frac{(\omega - \omega_{\Pi})^2}{2\beta^2} + \frac{(\omega - \omega_{\Pi})^4}{2\beta^4} - \dots \right]. \quad (5)$$

Ограничимся в выражении (5) двумя первыми членами разложения. Для того, чтобы найти ошибку такого ограничения, найдем связь между  $\beta$  и  $\Delta\omega_{\Pi 0,5}$  – полосой помехи на уровне половины ее максималь-

ной интенсивности из условия

$$0,5 S_{\Pi 0} = S_{\Pi 0} \exp\left[-\frac{\Delta\omega_{0,5\Pi}}{4 \cdot 2\beta^2}\right]. \quad (6)$$

После вычислений получаем

$$\beta = 0,42 \Delta\omega_{0,5\Pi}. \quad (7)$$

Оценим третий член суммы (5)

$$R = \frac{(\omega - \omega_{\Pi})^4}{8\beta^4} = \frac{\Delta\omega^4}{16 \cdot 8 \cdot 0,42^4 \Delta\omega_{\Pi 0,5}^4} \approx 0,2 \frac{\Delta\omega^4}{\Delta\omega_{\Pi 0,5}^4} \quad (8)$$

Учитывая, что уровень  $C(\omega_{m,n})$  в реальных приемных устройствах достаточно велик на частотах паразитных каналов приема, а амплитуда помехи не слишком превышает этот уровень так, что  $\Delta\omega < \Delta\omega_{\Pi 0,5}$ , то третий член ряда (8) достаточно мал и, следовательно, при разложении огибающей энергетического спектра узкополосной помехи можно ограничиться двумя первыми членами. С учетом вышеизложенного вычислим интеграл (4)

$$P_{\Pi} = \int_{-\Delta\omega/2}^{\Delta\omega/2} \left[ s_0 - s_0 \frac{(\omega - \omega_{\Pi})^2}{2\beta^2} - C(\omega_{m,n}) \right] d(\omega - \omega_{\Pi}) = \\ = (S_{\Pi 0} - C)\Delta\omega - \frac{S_{\Pi 0}(\Delta\omega)^3}{24\beta^2}. \quad (9)$$

Определим значение полосы помехи на уровне через его значение и параметры функции, описывающей огибающую энергетического спектра помехи

$$C = S_{\Pi 0} \exp\left[-\frac{\Delta\omega^2}{8\beta^2}\right] \approx S_{\Pi 0} \left[1 - \frac{\Delta\omega^2}{8\beta^2}\right]. \quad (10)$$

Откуда получим, что

$$\Delta\omega = \sqrt{2 \frac{(S_{\Pi 0} - C)}{S_{\Pi 0}}} 2\beta. \quad (11)$$

Подставляя выражение (11) в (9) и произведя преобразования, получим

$$P_{\Pi} = \frac{3}{4} \sqrt{2 \frac{(S_{\Pi 0} - C)^3}{S_{\Pi 0}}} \beta. \quad (12)$$

Выражение (12) определяет значение мощности помехи на выходе линейной части РПУ при действии на его вход узкополосной помехи, попадающей в один из паразитных каналов.

## Выводы

Таким образом, в ходе анализа литературы и определения мощности помехи влияющей на прием радиосигнала в РТС можно сделать следующие выводы:

наиболее опасными с точки зрения обеспечения определенного качества функционирования РПУ РТС являются высокочастотные узкополосные помехи;

необходим учет высокочастотных узкополосных помех от соседних РТС, которые способны влиять на

качество избирательных систем РПУ и создать значительный уровень помехи на его выходе;

учет помехи поможет снизить чувствительность РПУ, а в конечном итоге повысить работоспособность РТС;

предложен подход для учета взаимодействия сигнала и помехи в РПУ наземных РТС.

## Список литературы

1. Дистанційне зондування Землі інформаційні технології збирання, оброблення та використання даних аерокосмічного спостереження Землі: збірка наукових статей / під ред. В.І. Волошина та В.М. Корчинського. – Вип. 1 – Донецьк: Проспект, 2007. – 208 с.
2. Козелков С.В. Метод забезпечення електромагнітної сумісності радіотехнічних систем управління космічними апаратами в динамічній електромагнітній обстановці / С.В. Козелков, Д.П. Пашков, В.О. Гуменюк // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2007. – Вип. 3 (61). – С. 39-41.
3. Айнбіндер И.М. Шумы радиоприемников / И.М. Айнбіндер. – М.: Связь, 1974. – 328 с.
4. Богданович Б.М. Нелинейные искажения в приемно-усилительных устройствах / Б.М. Богданович. – М.: Связь, 1980. – 280 с.
5. Букингом М. Шумы в электронных приборах и системах / Букингом М. – М.: Мир, 1986. – 399 с.
6. Козелков С.В. Пути повышения помехоустойчивости радиотехнических систем на основе адаптивной синхронной перестройки приемопередающего тракта / С.В. Козелков, Д.П. Пашков, С.А. Тыщук // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2003. – Вип. 6 (22). – С. 216-219.
7. Радиоэлектронные системы: основы построения и теория: справочник / под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
8. Пашков Д.П. Математическая модель частотно-избирательных свойств радиоприемных устройств / Д.П. Пашков // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС. – 2010. – Вип. 9 (90). – С. 83-85.
9. Богданович Б.М. Радиоприемные устройства / Б.М. Богданович, Н.И. Окулин. – Минск: Вышэйшая школа, 1991. – 428 с.
10. Стратонович Р.Л. Принципы адаптивного приема / Р.Л. Стратонович. – М.: Советское радио, 1973. – 144 с.

Поступила в редколлегию 24.05.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Л.Ф. Купченко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## МЕТОДИКА ОБЛІКУ ВЗАЄМОДІЇ СИГНАЛУ І ПЕРЕШКОДИ В ПРИЙМАЛЬНИХ ПРИБОРАХ НАЗЕМНИХ РАДІОСИСТЕМ

Д.П. Пашков

У статті запропонований один зі шляхів обліку взаємодії радіосигналу і вузкополосної перешкоди в приймальних пристроях наземних радіотехнічних систем (РТС). При цьому, визначається аналітичний вираз забезпечуючого обчислення потужності перешкоди, що пройшла через радіоприймальний тракт.

**Ключові слова:** прийом радіосигналу, приймальний пристрій, радіотехнічна система, вузкополосна перешкода.

## A METHOD OF ACCOUNT OF CO-OPERATION OF SIGNAL AND HINDRANCE IS IN RECEIVING DEVICES OF SURFACE RADIOSYSTEM

D.P. Pashkov

In the article one of ways of account of co-operation of radio signal and узкополосной hindrance is offered in the receiving devices of the surface radio engineering's systems (RTS). Thus, analytical expression of providing calculation is determined power of hindrance, getting through a radio-receiving highway.

**Keywords:** reception of radio signal, receiving device, radio engineering system, узкополосная hindrance.