

ОЦЕНКА ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ПРИЕМА СПУТНИКОВОЙ МЕТЕОИНФОРМАЦИИ АППАРАТУРОЙ «СЮЖЕТ-МБ»

Евстафиев Ф.А.¹, Герасимов А.А.¹

¹ – ВУНЦ ВВС «ВВА им проф. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Воронеж, Россия, evfeal@mail.ru

Аннотация. Целью данной работы является оценка помехоустойчивости (качества) приема спутниковой метеоинформации в аналоговом и цифровом режимах и установление градаций качества принимаемой информации.

Ключевые слова: относительная ошибка фильтрации, вероятность искажения, помеховая обстановка.

При аналоговой передаче метеоинформации используется двойная амплитудно-частотная модуляция (АМ - ЧМ). При этом вначале первичным видеосигналом, отображающим изменение яркости или температурных контрастов передаваемого изображения осуществляется амплитудная модуляция (АМ) на низкой поднесущей частоте, а затем АМ сигналом осуществляется частотная модуляция на несущей частоте.

Помехоустойчивость штатной аппаратуры типа «СЮЖЕТ-МБ» в аналоговом режиме определяется, главным образом, помехоустойчивостью частотного детектирования.

Используя известный подход к решению подобных задач, получим выражение для оценки помехоустойчивости приема спутниковой метеоинформации в виде относительной ошибки фильтрации соответствующих аналоговых сигналов.

При частотной модуляции принимаемый радиосигнал имеет следующий вид:

$$u_1[t, \lambda_1(t)] = U_1 \cos\{\omega_1 t + \psi[t, \lambda_1(t)]\} + n_1(t), \quad (1)$$

где U_1 и ω_1 – соответственно, амплитуда и несущая частота сигнала; $\psi[t, \lambda_1(t)]$ – случайный процесс, обусловленный полезной модуляцией $\lambda_1(t)$, представляющей собой АМ сигнал; $n_1(t)$ – аддитивный белый шум.

Если в качестве информационного сигнала принять гауссовский экспоненциально-коррелированный процесс, что практически часто имеет место то, опуская промежуточные преобразования, можно показать, что относительная ошибка фильтрации (детектирования) ЧМ сигнала будет равна:

$$\delta_{\text{чм}}^2 = \frac{1}{2h^2\beta^2} \left(1 + 2\beta\sqrt{h^2} - \sqrt{1 + 4\beta\sqrt{h^2}} \right) \sqrt{1 + 4\beta\sqrt{h^2}}, \quad (2)$$

где $h^2 = U_1^2 / 2\Delta f_1 N_1$ – отношение мощности сигнала к мощности шума со спектральной плотностью N_1 в полосе частот Δf_1 АМ сигнала; $\beta = \sqrt{D} / \Delta f_1$ – индекс частотной модуляции с дисперсией частотного отклонения D .

Проведенный анализ полученной спутниковой метеоинформации, методом экспертных оценок, позволил установить следующие ее градации при аналоговом приеме в зависимости от относительной ошибки фильтрации информационного сигнала $\delta_{\text{чм}}^2$. При индексе частотной модуляции $\beta = 10$, который используется в данной аппаратуре, качество принимаемой информации оценивается на «отлично», если $\delta_{\text{чм}}^2 < 0,28$ ($h^2 > 25$); на «хорошо», если $0,28 \leq \delta_{\text{чм}}^2 < 0,31$ ($17 < h^2 \leq 25$); на «удовлетворительно», если $0,31 \leq \delta_{\text{чм}}^2 \leq 0,35$ ($10 \leq h^2 \leq 17$); на «неудовлетворительно», если $\delta_{\text{чм}}^2 > 0,35$ ($h^2 < 10$).

Анализ тракта приема и обработки информационных сигналов в аппаратуре «СЮЖЕТ-МБ» при цифровой передаче свидетельствует, что в ней используется классический или близкий к нему алгоритм приема и обработки радиосигналов. В частности, входной высокочастотный радиосигнал в первичном устройстве обработки (ресивере) переносится на соответствующую постоянную промежуточную частоту, на которой далее осуществляется квадратурная некогерентная обработка сигнала с принятием решения по каждому информационному символу с последующей регенерацией импульсного цифрового потока.

В качестве информационных сигналов при цифровой передаче в данной аппаратуре используются двоичные ортогональные (или квазиортогональные) сигналы, преимущественно, с частотной манипуляцией. Для таких сигналов при некогерентном приеме в литературе приводятся соответствующие выражения для расчета помехоустойчивости приема информации в виде вероятности ошибки на один двоичный символ.

Так, при медленных релейских замираниях, обусловленных многолучевым распространением радиоволн, когда разность между задержками крайних радиолучей $\Delta\tau \ll 1/F$, где F – ширина спектра сигнала, нижняя граница вероятности ошибки определяется выражением:

$$P_{oui} = \frac{1}{2} \left[1 - \frac{h_0^2 \sqrt{1-\rho^2}}{\sqrt{(h_0^2 + 2)^2 - h_0^4 \rho^2}} \right], \quad (3)$$

где h_0^2 – среднее значение отношения сигнал-шум; ρ – коэффициент взаимной корреляции между сигналами:

$$\rho \leq \frac{2}{|(\omega_2 - \omega_1) T_c|}, \quad (4)$$

где ω_1, ω_2 – частоты сигналов; T_c – длительность сигнала.

Анализ данного выражения свидетельствует, что замирания сигналов, в особенности, релейские, резко снижают качество приема информации. При этом увеличение мощности радиопередатчика слабо влияет на повышение помехоустойчивости. Кроме того, вероятность ошибки зависит от степени ортогональности сигналов, которую можно обеспечить соответствующим разносом их частот, но при этом потребуется расширение полосы частот канала связи.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований помехоустойчивости приема метеоинформации в цифровом режиме методом экспертных оценок получены следующие градации ее качества в зависимости от отношения сигнал-шум и вероятности ошибки в канале связи. Принимаемая информация оценивается на «отлично», если вероятность ошибки $P_{oui} < 3 \cdot 10^{-4}$ ($h^2 > 20$); на «хорошо», если $3 \cdot 10^{-4} \leq P_{oui} \leq 10^{-3}$ ($13 \leq h^2 \leq 20$); на «удовлетворительно», если $10^{-3} \leq P_{oui} \leq 2 \cdot 10^{-2}$ ($8 \leq h^2 < 13$); на «неудовлетворительно», если $P_{oui} > 2 \cdot 10^{-2}$ ($h^2 < 8$).

Полученные результаты, как в аналоговом так и в цифровом режимах передачи, можно использовать в автоматизированных системах сбора, обработки и идентификации метеорологической информации при прогнозировании качества ее приема в зависимости от текущего состояния помеховой обстановки в выделенных радиоканалах связи.

Литература

1. Тихонов В.И. Оптимальный прием сигналов. М.: Радио и связь, 1983. 319 с.
2. Защита от радиопомех. Под ред. М.В. Максимова. М.: Сов. радио, 1976. 496 с.
3. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. М.: Сов. радио, 1970. 726 с.

EVALUATION OF THE NOISE IMMUNITY OF SATELLITE WEATHER INFORMATION RECEPTION EQUIPMENT "SYUZHET-MB"

Evstafiev F.A.¹, Gerasimov A.A.²

¹ – *Military Air Force Academy, Voronezh, Russia, evfeal@mail.ru*

² – *Military Air Force Academy, Voronezh, Russia*

Annotation. The purpose of this work is to estimate the noise immunity (quality) of satellite weather information reception in analog and digital modes and to establish gradations in the quality of received information.

Keywords: relative filtering error, probability of distortion, interfering conditions.