

## **ПОРОГОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НЕЛИНЕЙНОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ СИГНАЛА**

<sup>1</sup>Тимошенкова Ю.С.

<sup>1</sup> ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.Ельцина», Екатеринбург, Россия (620002, Россия, Свердловская обл., Екатеринбург, Мира 19) тел.: (343) 375-48-87, e-mail:juliatimoshenkova@gmail.com

**Аннотация:** Проведен анализ соотношения сигнал-шум на выходе системы с линейным и нелинейным выделением информационных параметров сигнала. Рассмотрено влияние шумовой полосы линейной части системы и шумовой полосы системы после нелинейного преобразования на соотношение сигнал-шум на выходе системы. Проведена оценка пороговых значений отношения сигнал-шум на входе нелинейной части, ограничивающих область подавления сигнала шумами на ее выходе.

Ключевые слова: оценка параметров сигнала, нелинейная оценка, соотношение сигнал-шум, пороговые характеристики.

## **THRESHOLDS CHARACTERISTICS OF NONLINEAR ESTIMATION OF SIGNAL PARAMETERS**

<sup>1</sup>Timoshenkova Y. S.

<sup>1</sup> Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin» (19, Mira St., Ekaterinburg, 620002, Russia) ph: (343) 375-48-87, e-mail:juliatimoshenkova@gmail.com

**Abstract:** Performed an analysis the signal-to-noise ratio at the output of the linear and nonlinear distinguish of the information signal parameters. Examined the influence of the noise bandwidth of the linear part of the system and the noise bandwidth of the system after the nonlinear transformation on the signal to noise ratio at the output of the system. Implemented the estimation of the threshold values of the signal-to-noise ratio at the input of the nonlinear limiting the area of the suppression of noise signal at its output.

Key words: evaluation of signal parameters, nonlinear estimation, signal to noise ratio, threshold characteristics.

### **Введение**

Для оценки значений информационных параметров сигнал как правило используются нелинейные методы их преобразования. При этом происходит изменение соотношения сигнал-шум на выходе нелинейного устройства, характер которого зависит от вида нелинейного преобразования. В работе исследуется изменение соотношения сигнал – шум при нелинейном преобразовании сигнала различного вида. В качестве информационного процесса используется узкополосный случайный процесс с амплитудной и фазовой модуляцией. В качестве информационного параметра рассматриваются амплитуда и фаза информационного процесса.

## Основная часть

Математическое описание процессов в нелинейных системах, в том числе анализ взаимодействия сигнала и шума и вычисление отношения их мощностей, представляет собой весьма сложную задачу, которая как правило решается численными методами или методами математического моделирования, которые и приняты в настоящей работе.

В качестве информационного процесса используется узкополосный процесс, формируемый путем подачи белого шума на формирующий фильтр. Далее к нему добавляется белый шум, и смесь сигнал плюс шум подается на нелинейный преобразователь (рисунок 1).

Полагается, что информация заключается в флуктуационной составляющей процесса на выходе нелинейного элемента, для выделения которой используется коррелятор, вычисляющий автокорреляционную функцию (АКФ) центрированного процесса с шагом, много меньше интервала корреляции информационного процесса. При этом значения АКФ при нулевом сдвиге равны суммарной мощности сигнала и помехи [2][4]. Когда сдвиг не равен нулю, значения АКФ на достаточно большом интервале усреднения определяются только сигналом, поскольку значения шумовой составляющей в несовпадающие моменты времени некоррелированные и позволяют оценить мощность информационного сигнала.

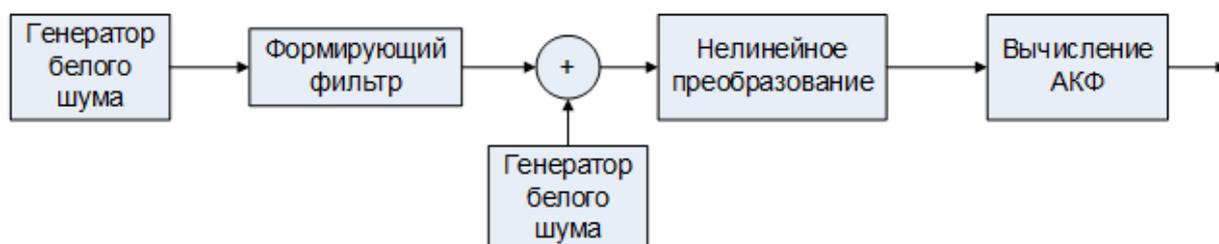


Рисунок 1 – Структурная схема исследуемой модели

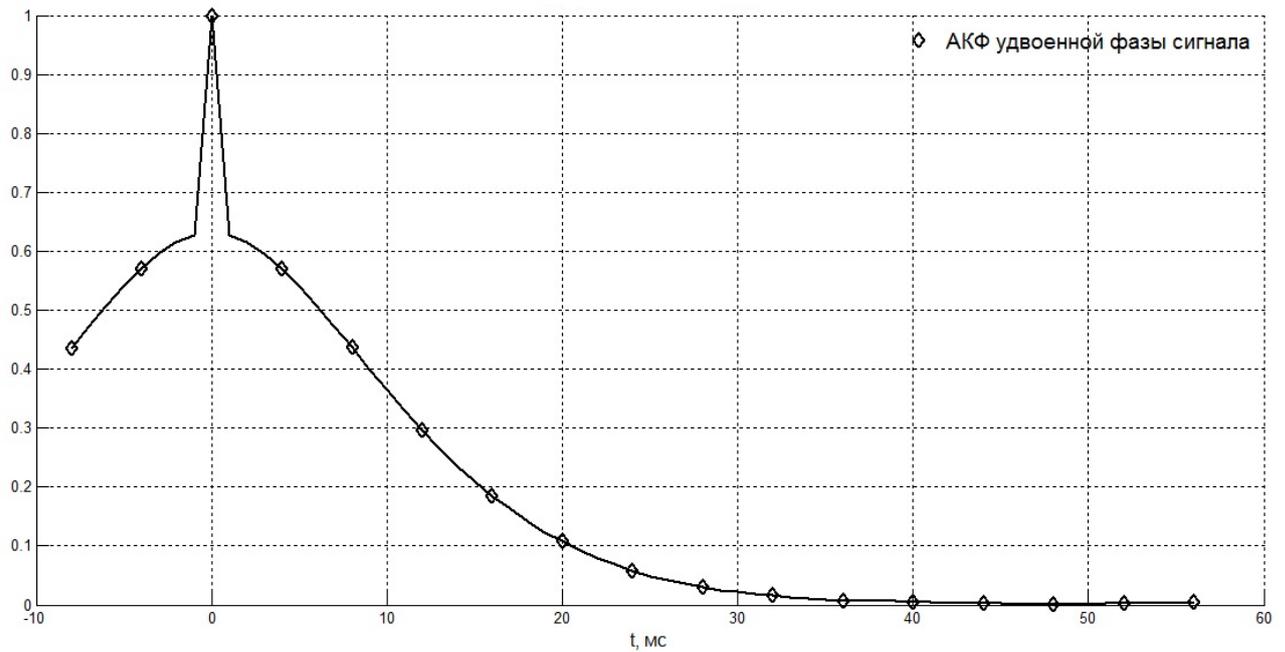
В качестве примера, на рисунке 2, приведена АКФ процесса на выходе нелинейного элемента, обеспечивающего оценку амплитуды сигнала по формуле [5]:

$$U_i = \sqrt{Uc_i^2 + Us_i^2} \quad (1)$$

где  $U_i$  – отсчет амплитуды сигнала,

$Uc_i$  – отсчет мгновенного значения косинусной составляющей сигнала,

$Us_i$  – отсчет мгновенного значения синусной составляющей сигнала;



**Рисунок 2 – Вид исследуемой автокорреляционной удвоенной фазы сигнала**

В качестве информационного параметра системы взяты четыре характеристики сигнала: амплитуда, квадрат амплитуды, фаза и удвоенная фаза, при различном соотношении сигнал-шум системы

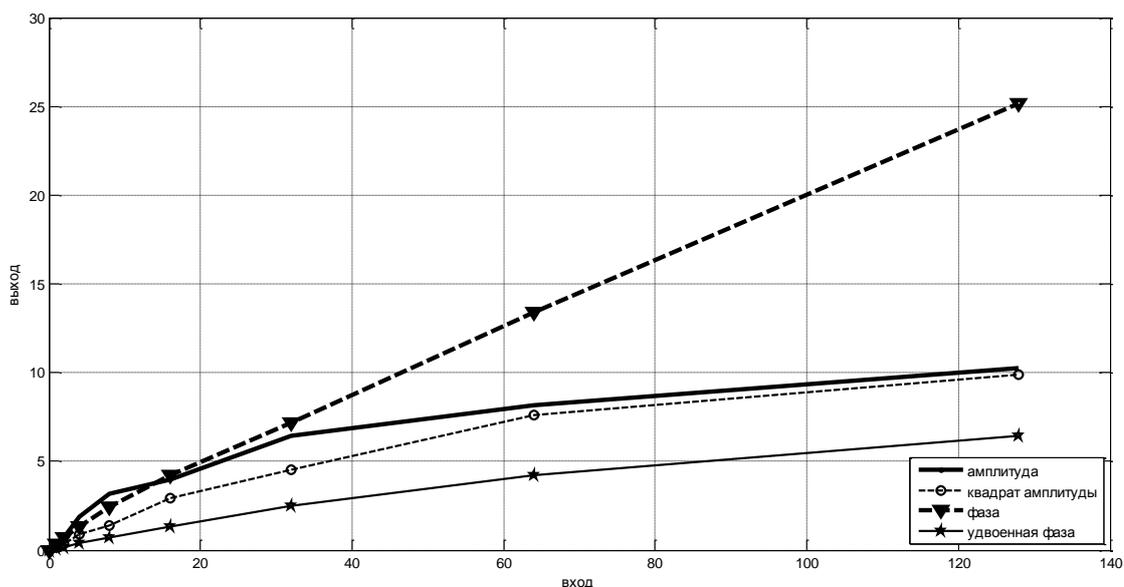
Кроме амплитуды в качестве информационного параметра рассматривался ее квадрат, косинус фазы сигнала и косинус удвоенной фазы, вычисляемые по формулам 2-4 [1][3]:

$$U2_i = Uc_i^2 + Us_i^2 \quad (2)$$

$$C\varphi = \frac{Uc_i}{\sqrt{Uc_i^2 + Us_i^2}} \quad (3)$$

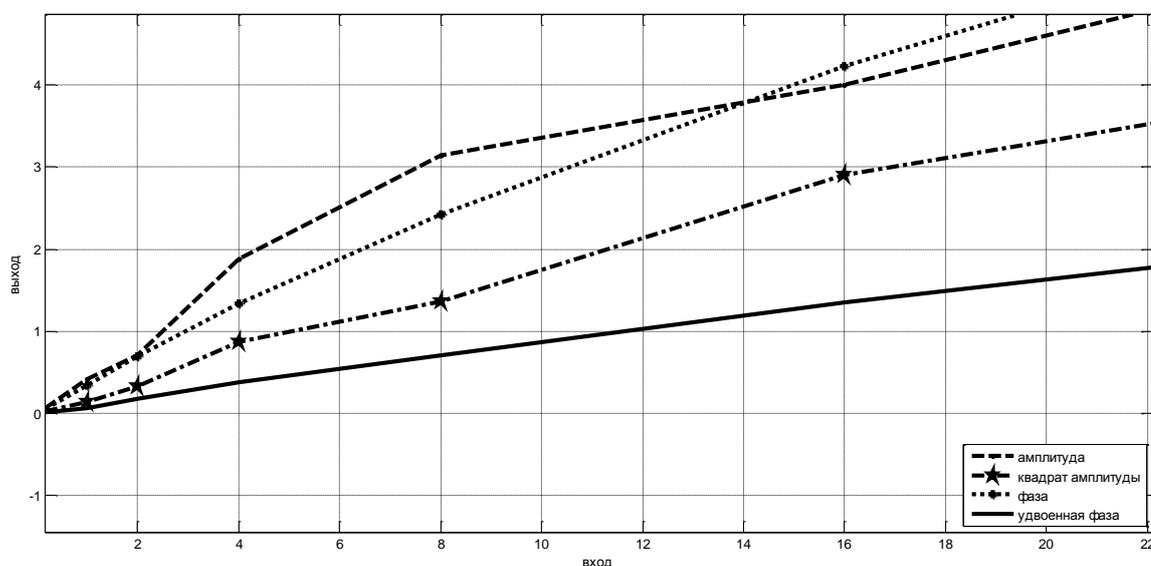
$$C2\varphi = \frac{Uc_i^2 - Us_i^2}{Uc_i^2 + Us_i^2} \quad (4)$$

На основе реализованной системы было проведено исследование зависимости соотношения сигнал-шум на выходе системы от соотношения сигнал-шум на входе нелинейного преобразователя. На рисунке 3 показаны графики зависимости отношения сигнал-шум на выходе нелинейного преобразователя от соотношения сигнал-шум на его входе для различных информационных параметров сигнала.



**Рисунок 3 – Зависимость отношения сигнал-шум на входе и выходе нелинейного преобразователя**

Особое внимание стоит обратить внимание на интервал, в котором значение входного отношения сигнал шум не превышает 10..20. На рисунке 4 представлен график, отражающий зависимость соотношений сигнал шум на выходе и входе системы для указанного интервала.



**Рисунок 4 – Зависимость соотношения сигнал-шум на выходе системы от соотношения сигнал шум на входе системы для критического интервала с ограничением 20**

Из приведенных графиков видно, что наименьшее уменьшение соотношение сигнал-шум происходит при использовании амплитуды и фазы, для этих случаев в среднем значения ухудшаются не более чем в 2 – 3 раза. В то время, как использование квадрата амплитуды и удвоенной фазы дает уменьшение соотношения в 4 – 8 раз. Изменение соотношения сигнал-шум можно назвать проигрышем системы. Для информационных параметров амплитуды и фазы это значение наименьшее, а для квадрата амплитуды и удвоенной фазы – существенно больше.

Стоит отметить, что при значении соотношения сигнал-шум на входе менее 2 проигрыш системы значительно увеличивается.

### **Заключение**

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что увеличение уровня помех, определяемого дисперсией случайного входного сигнала, уменьшает полезный сигнал на выходе нелинейного элемента. Для рассматриваемого отрезка пороговых эффектов не наблюдается. Увеличение значения соотношения сигнал-шум на входе системы значительно влияет на такие информационные параметры, как удвоенная фаза и квадрат амплитуды.

При использовании нелинейных методов обработки данного типа необходимо обеспечивать соотношение сигнал-шум на входе не менее 5.

### **Список литературы**

1. Helstrom C. W. Statistical Theory of Signal Detection / C. W. Helstrom // Pergamon Press. – 1968. – 476 p.
2. Гоноровский И. С. Радиотехнические цепи и сигналы: учебник для вузов / И. С. Гоноровский. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Радио и связь, 1986. – 512 с.
3. Левин Б. Р. Теоретические основы статистической радиотехники в 3-х кн / Б. Р. Левин – Москва: Советское радио, 1976. – 285 с.
4. Быков В. В. Цифровое моделирование в статистической радиотехнике / В. В. Быков – Москва : Советское радио, 1971. – 328 с
5. Теория обнаружения сигналов / П. С. Акимов [и др.] – Москва: Радио и связь, 1984. – 440 с

### **References**

1. Helstrom C. W. Statistical Theory of Signal Detection / C. W. Helstrom // Pergamon Press. – 1968. – 476 p.
2. Gonorovskij I. S. Radiotekhnicheskie cepi i signaly: uchebnik dlja vuzov / I. S. Gonorovskij. – 4-e izd., pererab. i dop. – Moscow : Radio i svjaz', 1986. – 512 p. (in Russian)
3. Levin B. R. Teoreticheskie osnovy statisticheskoy radiotekhniki v 3-h kn / B. R. Levin – Moscow: Sovetskoe radio, 1976. – 285 p. (in Russian)
4. Bykov V. V. Cifrovoe modelirovanie v statisticheskoy radiotekhnike / V. V. Bykov – Moscow : Sovetskoe radio, 1971. – 328 p. (in Russian)
5. Teorija obnaruzhenija signalov / P. S. Akimov [i dr.] – Moskva: Radio i svjaz', 1984. – 440 p. (in Russian)