

УДК 621.396.677

## Оценка возможности обнаружения сверхширокополосных сигналов

Чернышев С. Л.<sup>1,\*</sup>

\* [chemshv@bmstu.ru](mailto:chemshv@bmstu.ru)

<sup>1</sup>МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

---

Проведены исследования, позволяющие оценить возможность обнаружения сверхширокополосных сигналов неизвестной формы с применением их согласованной фильтрации по зондирующему сигналу с последующей черезпериодной обработкой. На основе имитационного моделирования доказано улучшение отношения сигнал – шум после предварительного согласованного фильтра, что улучшает работу следующего блока. Получено увеличение этого отношения на 5 – 6 дБ. Исследованы реализации возможных сигналов, показано существенное очищение их от шума. Приведены характеристики обнаружения в такой схеме, проиллюстрировано приближение этой характеристики к характеристике оптимального обнаружителя.

**Ключевые слова:** сверхширокополосный сигнал, согласованная фильтрация, обработка сигнала, характеристика обнаружения

---

Обнаружение сверхширокополосных (СШП) сигналов [1,2], отраженных от радиолокационных объектов, сопряжено с трудностями, вызванными изменением их формы по сравнению с зондирующим сигналом. В результате необходимо решать задачу обнаружения сигнала неизвестной формы. Для этого было предложено [3] применять субоптимальный обнаружитель, состоящий из одного энергетического и двух обнаружителей с черезпериодной обработкой. Однако в [4] было показано, что для обнаружения таких сигналов выгодно применять предварительную согласованную фильтрацию отраженного сигнала в фильтре, согласованном с зондирующим сигналом (СФ) с последующей черезпериодной корреляционной обработкой (ЧПКО) (рис.1). Настоящая статья посвящена исследованию возможностей такого обнаружения на основе имитационного моделирования.

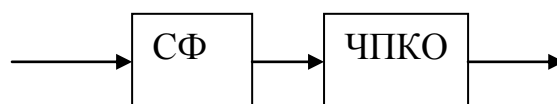


Рис.1. Структура обнаружителя

На рис.2 приведен зондирующий СШП сигнал, а на рис.3- возможный отраженный, который представляет собой «пачку» СШП импульсов, отраженных от локальных неоднородностей радиолокационного объекта, дополненную импульсами, вызванными перетражениями между этими неоднородностями. В целом отраженный сигнал несет в себе информацию о дальностном портрете объекта, так как геометрическая длина СШП импульса много меньше длины объекта. Однако априорная информация об этом портрете, как правило, отсутствует.

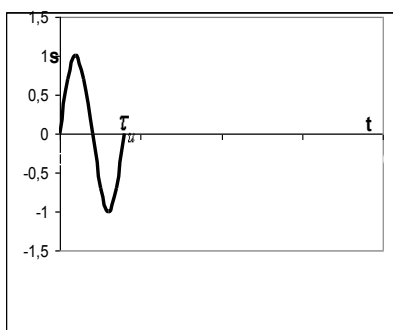


Рис.2. СШП зондирующий сигнал

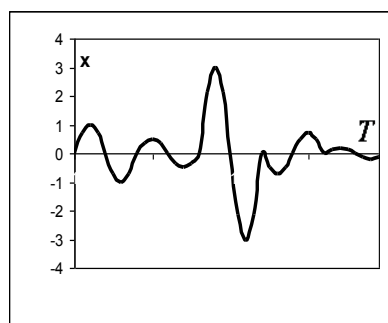


Рис.3. СШП отраженный сигнал

В [4] было показано, что после прохождения СФ сигнал состоит из последовательности корреляционных функций зондирующего сигнала (рис.4). Если на входе СФ сигнал присутствует в смеси с шумом, то на выходе СФ он «очищается», хотя и содержит остатки шума, то есть отношение сигнал/шум (с/ш) улучшается. На рис.4 приведена реализация сигнала на выходе СФ в присутствии шума на входе. При отношении с/ш на входе, равном примерно 6 дБ, отношение с/ш на выходе СФ составило для данной реализации 11,5 дБ, что говорит о хорошем «очищении».

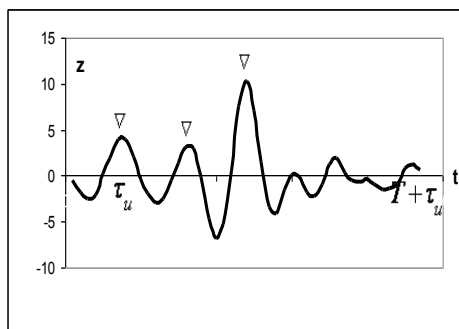


Рис.5. Чистый сигнал на выходе СФ

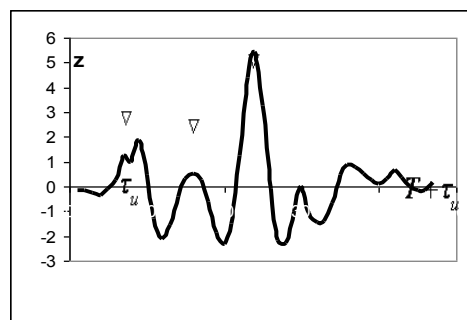
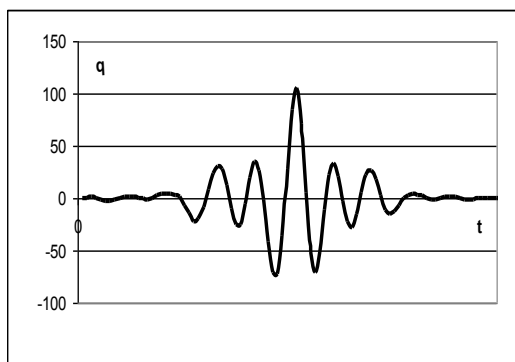
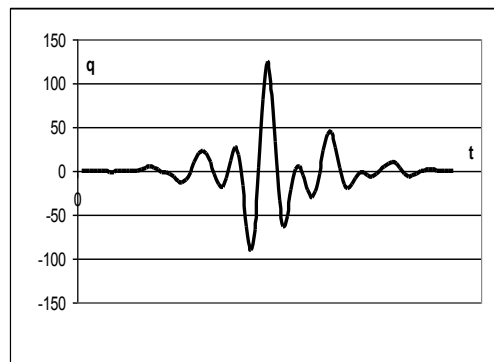


Рис.6. Реализация сигнала с шумом на выходе СФ

На рис. 5 показан сигнал на выходе второго блока – ЧПКО для случая отсутствия шума на входе, а на рис.6 – реализация сигнала на выходе второго блока – ЧПКО в присутствии шума на входе. Отношение с/ш составило 9,7 дБ.

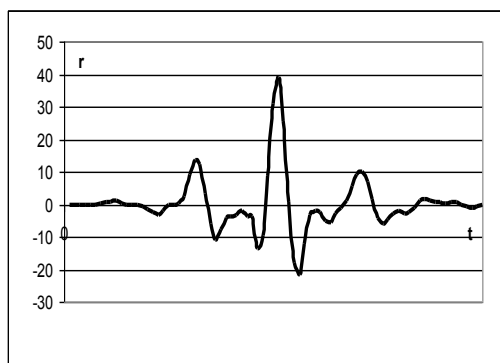


**Рис.5.** Сигнал на выходе блока ЧПКО без шума

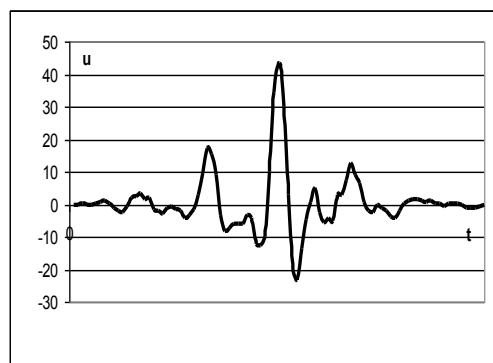


**Рис.6.** Реализация сигнала на выходе блока ЧПКО в присутствии шума

Для сравнения на рис.7 приведена реализация сигнала на выходе согласованного фильтра для случая, когда форма сигнала, изображенного на рис.3 известна, то есть на выходе оптимального обнаружителя. Отношение с/ш на выходе составило 11,2 дБ, а уровни боковых лепестков, естественно, ниже, чем в приведенных выше примерах.



**Рис.7** Реализация сигнала на выходе оптимального обнаружителя



**Рис.8** Реализация сигнала на выходе блока ЧПКО без СФ

На рис.8 изображена реализация сигнала на выходе простого блока ЧПКО без согласованного фильтра на входе. Отношение с/ш равно всего 3 дБ, что хуже всех приведенных выше случаев.

Проведенный анализ показывает, что применение схемы, изображенной на рис.1, приводит к увеличению отношения с/ш на входе блока ЧПКО на 5-6 дБ, что существенно улучшает характеристику обнаружения.

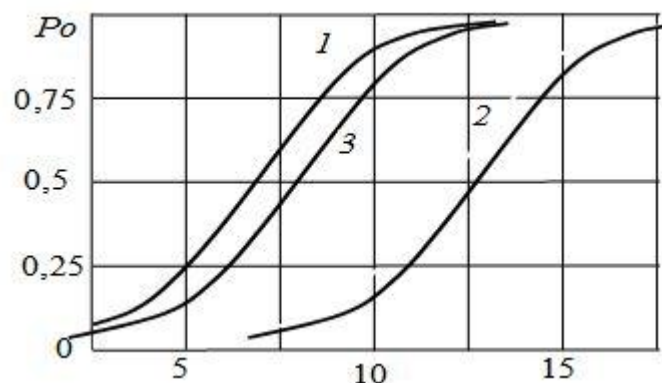


Рис.9. Характеристики обнаружения

На рис.9 кривая 1-для оптимального обнаружителя, кривая 2 – для одиночного блока ЧПКО, кривая 3 – для схемы рис.1. Видно, что в последнем случае характеристика обнаружения, хоть и хуже, чем у оптимального обнаружителя, но приближается к ней. Отметим, что если вместо блока ЧПКО применить субоптимальный обнаружитель, предложенный в [3], близость характеристики обнаружения к оптимальной (кривая 1) будет еще лучше.

### Список литературы

1. Introduction to Ultra-Wideband Radar Systems / Edited by J. Taylor. CRC Press, 1995.
2. Aiello R., Vatra A. Ultra Wideband Systems. Technologies and Applications. Elsevier Inc., 2006. 344 p.
3. Иммореев И.Я., Черняк В.С. Обнаружение сверхширокополосных сигналов, отраженных от сложных целей // Радиотехника. 2008. № 4. С. 3-10.
4. Чернышев С.Л. Применение согласованной фильтрации для обработки сверхширокополосных сигналов // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2013. № 10. С. 315-324. DOI: [10.7463/1013.0623000](https://doi.org/10.7463/1013.0623000)

## **Evaluation of the Possibility of Ultra-Wideband Signals Detection**

S.L. Chernyshev<sup>1,\*</sup>

\* [chernshv@bmstu.ru](mailto:chernshv@bmstu.ru)

<sup>1</sup>Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

---

**Keywords:** Ultra-Wideband signal, matched filtering, signal processing, detection characteristics

---

Investigations were carried out to assess the possibility for detecting the ultra-wideband signals of unknown shape. Due to the fact that the geometrical length of the UWB signal is much smaller than the length of target, filter is matched with the radiated signal rather than with the signal reflected from the target, with subsequent treatment in a block in two periods. An output signal of the matched filter and output signal of second unit were obtained on the basis of simulation modeling. Signal/noise ratio at the output of the filter and at the output of the second block were calculated. The signal at the the first filter output is a sequence of correlation functions of a single signal. Improved signal-noise ratio after preliminary matched filter was proved. This enables us to improve the performance of the next block. With the signal/noise ratio at the input of the detector being equal to 6 dB, its increase by 5 - 6 dB was obtained. The implementations of possible signals were investigated, and significant noise elimination was shown. Signal at output of a single detector without first filter was obtained. Analysis results have shown that such detector has a significantly poorer properties than the proposed one. The paper gives detecting characteristics of the optimal detector of the known shape signal, detector with the processing in two adjacent periods, and detector having proposed circuit. The optimal detector has the best characteristics, the detector of the second type possesses the worst one, while the characteristics of the proposed detector is close to that of the optimal detector.

### **References**

1. Taylor J., ed. *Introduction to Ultra-Wideband Radar Systems*. CRC Press, 1995.
2. Aiello R., Batra A. *Ultra Wideband Systems. Technologies and Applications*. Elsevier Inc., 2006. 344 p.
3. Immoreev I.Ya., Chernyak V.S. The Detection of Ultra-Wideband Signals Reflected from Complex Targets. *Radiotekhnika = Radioengineering*, 2008, no. 4, pp. 3-10. (in Russian).

4. Chernyshev S.L. Application of matched filtering for processing ultra-wideband signals. *Nauka i obrazovanie MGTU im. N.E. Baumana = Science and Education of the Bauman MSTU*, 2013, no. 10, pp. 315-324. DOI: [10.7463/1013.0623000](https://doi.org/10.7463/1013.0623000) (in Russian).