

УДК 621.396

## ОЦЕНКА АМПЛИТУДЫ ПРЯМОУГОЛЬНОГО УЗКОПОЛОСНОГО РАДИОИМПУЛЬСА С НЕИЗВЕСТНЫМИ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ И НАЧАЛЬНОЙ ФАЗОЙ\*

А. П. ТРИФОНОВ, Ю. Э. КОРЧАГИН, М. Б. БЕСПАЛОВА, М. В. ТРИФОНОВ

*Воронежский государственный университет,  
Россия, Воронеж, 394006, Университетская пл., д. 1*

**Аннотация.** В работе исследованы алгоритмы оценки амплитуды радиосигнала с огибающей прямоугольной формы и с неизвестными длительностью и начальной фазой. Выполнены синтез и анализ квазиправдоподобного квазикогерентного алгоритма оценки, согласно которому вместо неизвестных длительности и начальной фазы используются некоторые ожидаемые их значения. Исследован проигрыш в точности оценки амплитуды вследствие априорного незнания длительности и начальной фазы. Синтезирован квазиправдоподобный некогерентный алгоритм оценки амплитуды с адаптацией начальной фазы и найдены его статистические характеристики: смещение и рассеяние оценки. Получены зависимости проигрыша в точности оценки вследствие априорного незнания длительности сигнала. Выполнены синтез и анализ максимально правдоподобного алгоритма оценки амплитуды, согласно которому вместо неизвестных длительности и начальной фазы используются их оценки максимального правдоподобия. Исследован выигрыш в точности максимально правдоподобной оценки по сравнению с квазиправдоподобными. Показано, что априорное незнание длительности сигнала асимптотически при больших отношениях сигнал/шум не влияет на точность максимально правдоподобной оценки амплитуды.

**Ключевые слова:** оценка амплитуды; неизвестные длительность и фаза; характеристики оценок амплитуды радиосигнала

Задача оценки амплитуды сигнала, наблюдаемого на фоне шума, представляет интерес для многих практических приложений радиоэлектроники и неоднократно рассматривалась в литературе [1–9]. В [1] рассмотрена оценка амплитуды детерминированного сигнала при условии, что все остальные параметры априори известны, найдены характеристики оценки амплитуды. В [2] исследована оценка максимального правдоподобия (МП) амплитуды сигнала, содержащего неизвестные неэнергетические параметры, а также совместные оцен-

ки амплитуды и длительности прямоугольного импульса.

Однако широкое применение в радиоэлектронике находят также сигналы с высокочастотным заполнением (радиосигналы). Поэтому оказывается актуальной задача оценки амплитуды радиосигнала с неизвестными длительностью и начальной фазой высокочастотного заполнения. Ниже рассмотрены алгоритмы оценки амплитуды узкополосного радиоимпульса с прямоугольной формой огибаю-

---

\* Исследование выполнено за счёт гранта Российского научного фонда (проект 15-11-10022).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Тихонов, В.И. *Оптимальный прием сигналов*. М.: Радио и связь, 1983. 320 с.
2. Трифонов, А.П.; Шинаков, Ю.С. *Совместное различение сигналов и оценка их параметров на фоне помех*. М.: Радио и связь, 1986. 268 с.
3. Трифонов, А.П.; Корчагин, Ю.Э.; Кондратович, П.А.; Трифонов, М.В. Оценка амплитуды сигнала

с неизвестной длительностью. *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 55, № 9, С. 3–10, 2012. URI: <http://radio.kpi.ua/article/view/S0021347012090014>.

4. Зандер, Ф.В.; Чмых, М.К. Предельные погрешности оптимальных измерителей амплитуды и постоянной составляющей сигналов с малым временем измерения. *Измерительная техника*, № 1, С. 33–34, 1988.

5. Wang, Chunyang; Liu, Xuelian; Fan, Bin. Estimation method for weak sinusoidal amplitude in alpha noise. *Proc. of 12th Int. Conf. on Signal Processing, ICSP*, 19–23 Oct. 2014, Hangzhou, China. IEEE, 2014, pp. 46–51. DOI: [10.1109/ICOSP.2014.7014967](https://doi.org/10.1109/ICOSP.2014.7014967).

6. Czuszynski, Krzysztof; Ruminski, Jacek; Polinski, Artur; Bujnowski, Adam. Estimation of the amplitude of the signal for the active optical gesture sensor with sparse detectors. *Proc. of 9th Int. Conf. on Human System Interactions, HSI*, 6–8 Jul. 2016, Portsmouth, UK. IEEE, 2016, pp. 483–489. DOI: [10.1109/HSI.2016.7529678](https://doi.org/10.1109/HSI.2016.7529678).

7. Degottex, Gilles; Ardaillon, Luc; Roebel, Axel. Simple multi frame analysis methods for estimation of

amplitude spectral envelope estimation in singing voice. *Proc. of IEEE Int. Conf. on Acoustics, Speech and Signal Processing, ICASSP*, 20–25 Mar. 2016, Shanghai, China. IEEE, 2016, pp. 4975–4979, DOI: [10.1109/ICASSP.2016.7472624](https://doi.org/10.1109/ICASSP.2016.7472624).

8. Zheng, Shi; Pan, Xuehan; Zhang, Anxue; Jiang, Yansheng; Wang, Wenbing. Estimation of echo amplitude and time delay for OFDM-based ground-penetrating radar. *IEEE Geosci. Remote Sensing Lett.*, Vol. 12, No. 12, pp. 2384–2388, 2015. DOI: [10.1109/LGRS.2015.2478279](https://doi.org/10.1109/LGRS.2015.2478279).

9. McWilliam, Robby G.; Pollok, André; Cowley, William; Clarkson, I. Vaughan L.; Quinn, Barry G. Carrier phase and amplitude estimation for phase shift keying using pilots and data. *IEEE Trans. Signal Processing*, Vol. 62, No. 15, pp. 3976–3989, 2014. DOI: [10.1109/TSP.2014.2332976](https://doi.org/10.1109/TSP.2014.2332976).

10. Трифонов, А.П.; Бутейко, В.К. Характеристики совместных оценок параметров сигнала при частичном нарушении условий регулярности. *Радиотехника и электроника*, Т. 36, № 2, С. 319–327, 1991.

Поступила в редакцию 12.09.2016

После переработки 01.08.2017