

УДК 621.396.96:551.501.815

ОЦЕНКА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ОТРАЖЕНИЙ В ИМПУЛЬСНЫХ ДОПЛЕРОВСКИХ МЕТЕОРАДИОЛОКАТОРАХ. Ч. 2. ПРЕДЕЛЬНЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ**ЛЕХОВИЦКИЙ Д. И.¹, АТАМАНСКИЙ Д. В.², РАЧКОВ Д. С.¹, СЕМЕНЯКА А. В.¹**¹Харьковский национальный университет радиоэлектроники,
Украина, Харьков, 61166, пр-т Ленина, 14²Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба,
Украина, Харьков, 61023, ул. Сумская 77/79

Аннотация. Проанализированы «предельные» возможности воспроизведения непрерывных энергетических спектров, в частности, спектров между периодных флуктуаций отражений от метеорообразований в импульсных доплеровских метеорадиолокаторах, в гипотетических условиях знания КМ анализируемых процессов. Обсуждаются причины известных недостатков классических (непараметрических) методов спектрального оценивания (СО) при воспроизведении формы спектров, рассмотрены известный и предлагаемый критерий, по которым количественно сравниваются предельные возможности воспроизведения спектров классическими и параметрическими «сверхразрешающими» методами СО. Показано, что «предельные» возможности методов СО несут важную, но не исчерпывающую информацию, на основе которой они должны выбираться для практического использования в реальных условиях априорной неизвестности статистических характеристик входных воздействий.

Ключевые слова: непрерывный энергетический спектр случайных процессов; спектральная функция; методы спектрального оценивания; авторегрессионная модель; метеорообразование; доплеровский метеорадиолокатор; обесляющий фильтр

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Статья посвящена количественной оценке «предельных» возможностей различных алгоритмов воспроизведения непрерывных энергетических спектров гауссовых случайных процессов, заданных M -мерными векторами их дискретных отсчетов.

Предельность понимается в том смысле, что реально априори неизвестные $M \times M$ КМ этих векторов полагаются заданными. Тем самым фактически исследуется зависимость точности воспроизведения спектров различными методами от размерности M доступного вектора отсчетов анализируемого процесса.

Аналогично [1], в роли этого вектора выступает аддитивная смесь гауссового белого

шума и стационарного процесса авторегрессии (АР- p) различного порядка p [2]. Полагается для конкретности, что эти процессы моделируют отражения от метеорообразований (МО) в импульсных доплеровских метеорадиолокаторах (ДМРЛ), а анализируемый вектор образован отсчетами их комплексных амплитуд в M смежных интервалах зондирования из каждого элемента разрешения по дальности. Полученные при этом результаты справедливы для дискретных АР-процессов другой природы.

Статья существенно опирается на теорию, развитую в [1]. В ней применяются те же обозначения и аббревиатуры, которые для экономии места повторно не раскрываются. Перед номерами цитируемых из [1] формул, рисун-

DOI: [10.20535/S0021347016090016](https://doi.org/10.20535/S0021347016090016)

© Леховицкий Д. И., Атаманский Д. В., Рачков Д. С., Семеняка А. В., 2016

вания / Д. И. Леховицкий, Д. В. Атаманский, Д. С. Рачков, А. В. Семеняка // Радиоэлектроника. — 2015. — Т. 58, № 12. — С. 3–23. — (Известия вузов). — DOI: [10.20535/S0021347015120018](https://doi.org/10.20535/S0021347015120018).

2. Дженкинс Г., Ваттс Д. Спектральный анализ и его приложения. — М.: Мир, 1971. — 316 с.

3. О методах оценивания спектров случайных процессов / Д. И. Леховицкий, Д. С. Рачков, А. В. Семеняка, Д. В. Атаманский // Современные информационные и электронные технологии : XIII междунар. научн.-практ. конф., 4–8 июня 2012, Одесса, Украина : тез. докл. — Одесса : ОНПУ, 2012. — С. 21.

4. Леховицкий Д. И. СДЦ в импульсных РЛС: с формулами и картинками. 2. Физический смысл и экстремальные свойства операций оптимальной между- периодной обработки гауссовых сигналов на фоне гауссовых пассивных помех / Д. И. Леховицкий, В. П. Рябуха, Г. А. Жуга // Прикладная радиоэлектроника. — 2008. — № 2. — С. 109–123.

5. S.L. Marple, Jr., Digital Spectral Analysis with Applications, Prentice Hall, 1987

6. Караваев В. В., Сазонов В. В. Статистическая теория пассивной локации. — М.: Радио и связь, 1987. — 240 с.

7. Яглом А.М. Корреляционная теория стационарных случайных функций с примерами из метеорологии. — Л. Гидрометеиздат. — 1991. 226 с.

8. Krim H. and Viberg M. Two Decades of Array Signal Processing Research // IEEE Signal Processing Magazine. — 1996. — № 7. — P. 67–95.

9. Stoica P. and Moses R. Introduction to Spectral Analysis. — NJ.: Prentice Hall, Upper Saddle River, 1997.

10. Баскаков С.И. Радиотехнические цепи и сигналы: Учебник / С.И. Баскаков. — М.: Высшая школа, 1983. — 536 с.

11. Capon J. High Resolution Frequency–Wave number Spectrum Analysis / J. Capon // Proc. IEEE. — 1969. — Vol. 57, No. 8. — P. 1408–1418.

12. Кейпон Дж. Распределение вероятности оценок пространственно-временного спектра / Дж. Кейпон, Н. Гудмен // ТИИЭР. — 1970. — Т. 58, № 11. — С. 82–84.

13. Гейбриел У. Ф. Спектральный анализ и методы сверхразрешения с использованием адаптивных антенных решеток / У.Ф. Гейбриел // ТИИЭР. — 1980. — Т. 68, № 6. — С. 19–32.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Оценка энергетических спектров отражений в импульсных доплеровских метеорадиолокаторах. Ч. 1. Разновидности алгоритмов спектрального оцени-

Поступила в редакцию 23.03.2016