

УДК 621.396.96:551.501.815

МНОГОПороГОВАЯ ПРОЦЕДУРА ОЦЕНИВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МЕТЕООБРАЗОВАНИЙ НА ФОНЕ МЕШАЮЩИХ ОТРАЖЕНИЙ ОТ МЕСТНЫХ ПРЕДМЕТОВ В ИМПУЛЬСНЫХ ДОПЛЕРОВСКИХ МЕТЕОРАДИОЛОКАТОРАХ

Д. В. АТАМАНСКИЙ, К. В. САДОВЫЙ

*Харьковский национальный университет Воздушных Сил,
Украина, Харьков, 61023, ул. Сумская 77/79*

Аннотация. Предложена многопороговая процедура оценивания параметров метеообразований на фоне помех от местных предметов в импульсных доплеровских метеорадиолокаторах. В ее основу положено использование результатов работы введенного обнаружителя местных предметов, по которым принимается решение об оценивании параметров метеообразований до или после неадаптивного фильтра подавления местных предметов. Задача обнаружения в нем решается пороговой обработкой коэффициентов корреляции отражений, несущих информацию как о составе анализируемой смеси, так и о параметрах метеообразований, что выгодно отличает предлагаемый обнаружитель от целого ряда известных. Показано, что предлагаемый обнаружитель позволяет уже при радиальных скоростях метеообразований $V_r > 2$ м/с с вероятностью $D > 0,9$ правильно принимать решение о составе смеси. Путем математического моделирования подтверждены возможность и целесообразность практического использования предложенной процедуры в системе оценивания параметров метеообразований в реальных условиях ограниченного объема выборок обрабатываемых входных воздействий. Показано, что точность оценок в этом случае более чем вдвое выше точности известных процедур.

Ключевые слова: метеообразования; местные предметы; неадаптивный фильтр подавления; коэффициент корреляции; импульсный доплеровский метеорадиолокатор

ВВЕДЕНИЕ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Своевременное и достоверное обнаружение метеообразований (МО) и измерение их параметров играют важную роль в обеспечении безопасности полетов. В реальных условиях отражения от метеообразований (ОМО) могут наблюдаться в смеси с отражениями от местных предметов (МП) [1–5], которые существенно снижают точность оценивания параметров МО [6].

Вредное влияние МП обычно ослабляют неадаптивными фильтрами подавления (НФП) местных предметов [1, 3–6, 8], которые могут увеличивать ошибки измерений параметров МО. Это связано с тем, что задачи обнаруже-

ния и оценки параметров ОМО в импульсных доплеровских метеорадиолокаторах (ИДМРЛ) обычно не разделяются [9], так что оцененные параметры могут не относиться к МО.

Отсутствие информации о составе смеси в штатных процедурах оценивания [1, 3, 4] частично компенсируют пороговой обработкой модуля первого коэффициента корреляции (КК) смеси на выходе НФП и бланкированием измерений в диапазоне средних нулевых скоростей движения МО.

Однако эти процедуры могут ограничивать диапазон и снижать точность измерений параметров МО по их смеси с внутренним шумом приемника [6].

DOI: [10.20535/S002134701807004X](https://doi.org/10.20535/S002134701807004X)

© Д. В. Атаманский, К. В. Садовый, 2018

помех, в частности, поляризационные или/и траекторные [1, 5].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Базлова, Т. А.; и др. *Радиолокационные метеорологические наблюдения*. В 2 т., Т. 1: *Научно-методические основы*. под ред. А. С. Солоница. Ин-т радар. метеорологии. СПб.: Наука, 2010. 311 с.

2. Монаков, А. А.; Монаков, Ю. А. "Наблюдение турбулентных атмосферных областей в бортовых метеорологических радиолокаторах: обнаружение метеосигналов," *Успехи современной радиоэлектроники*, № 12, С. 64–78, 2011. URI: <https://elibrary.ru/item.asp?id=17258668>.

3. Bech, J.; Chau, J. L. (eds.). *Doppler Radar Observations - Weather Radar, Wind Profiler, Ionospheric Radar, and Other Advanced Applications*. InTech, 2012. 470 p.

4. Efremov, V.; Vylegzhanin, I.; Vovshin, B. "The new generation of Russian C-band meteorological radars. Technical features, operation modes and algorithms," *Proc. of 12th Int. Radar Symp., IRS*, 7-9 Sept. 2011, Leipzig, Germany. IEEE, 2011, P. 239-244. URI: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6042122/>.

5. Временные методические указания по использованию информации доплеровского метеорологического радиолокатора ДМРЛ-С в синоптической практике. М.: ЦАО, 2014. 110 с.

6. Rachkov, D. S.; Lekhovytskiy, D. I. "Lattice-filter-based unified structure of system for interperiod processing of weather radar signals," *Proc. of IEEE Int. Radar Conf.*, 10-15 May 2015, Arlington, USA. IEEE, 2015, P. 1234-1239. DOI: [10.1109/RADAR.2015.7131183](https://doi.org/10.1109/RADAR.2015.7131183).

7. Lekhovytskiy, D. I. "To the theory of adaptive signal processing in systems with centrally symmetric receive channels," *EURASIP J. Adv. Signal Process.*, Vol. 33, P. 1-11, 2016. DOI: [10.1186/s13634-016-0329-z](https://doi.org/10.1186/s13634-016-0329-z).

8. Rachkov, D. S.; Lekhovytskiy, D. I.; Semeniaka, A. V.; Riabukha, V. P.; Atamanskiy, D. V. "Lattice-filter-based ground clutter canceller for pulse Doppler weather radar," *Proc. of 15th Int. Radar Symp., IRS*, 16-18 June 2014, Gdansk, Poland. IEEE, 2014, P. 215-219. DOI: [10.1109/IRS.2014.6869251](https://doi.org/10.1109/IRS.2014.6869251).

9. Леховицкий, Д. И.; Атаманский, Д. В.; Рябуха, В. П.; Семеняка, А. В.; Катюшин, Е. А. "Оценка влияния отражений от местных предметов на точность измерения параметров метеообразований в импульсных ДМРЛ," *Тр. 6-го МРФ «Прикладная радиоэлектроника. Состояние и перспективы»*, 2017, Харьков, Украина. Харьков: Точка, 2017, С. 6–12.

10. Леховицкий, Д. И.; Атаманский, Д. В.; Флексер, П. М.; Бурковский, С. И. "Статистические характеристики различения гауссовских коррелированных и некоррелированных случайных сигналов по обучающим выборкам конечного объема," *Антенны*, № 7, С. 3–9, 2001.

11. Леховицкий, Д. И.; Атаманский, Д. В.; Рачков, Д. С.; Семеняка, А. В. "Повышение точности однозначного измерения скорости метеообразований в доплеровских метеордиолокаторах с вобуляцией интервалов зондирования," *Известия вузов. Радиоэлектроника*, Т. 58, № 9, С. 3–22, 2015. DOI: [10.20535/S0021347015090010](https://doi.org/10.20535/S0021347015090010).

12. Довиак, Р. Дж.; Зрнич, Д. С. *Доплеровские радиолокаторы и метеорологические наблюдения*. Пер. с англ. под ред. А. А. Черникова. Л.: Гидрометеиздат, 1988. 512 с.

13. Степаненко, В. Д. *Радиолокация в метеорологии*. Л.: Гидрометеиздат, 1973. 344 с.

Поступила в редакцию 25.11.2017

После переработки 12.06.2018