

DOI: 10.24937/2542-2324-2023-2-404-154-157
УДК 621.396.96

А.Ю. Андреев , И.А. Шихов
ФГУП «Крыловский государственный научный центр», Санкт-Петербург, Россия

НАДУВНЫЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ ОТРАЖАТЕЛИ: ЗАМЕТНОСТЬ НА МОРЕ

Объект и цель научной работы. Приведены результаты расчетных оценок радиолокационной заметности на море зарубежных надувных отражателей, используемых в качестве ложных целей для отвлечения противокорабельных ракет.

Материалы и методы. Анализ характеристик существующих надувных отражателей выполнен в результате обзора работ ведущих зарубежных специалистов. Расчеты характеристик обнаружения таких отражателей на море выполнялись с использованием четырехлучевой модели рассеяния электромагнитных волн над подстилающей поверхностью, разработанной в Крыловском государственном научном центре.

Основные результаты. Выполнена количественная оценка дистанции обнаружения надувных отражателей типовыми радиолокационными головками самонаведения противокорабельных ракет.

Заключение. Проведенные исследования показали более высокую эффективность летающих надувных радиолокационных отражателей в смысле отвлечения противокорабельных ракет.

Ключевые слова: морская радиолокация, эффективная площадь рассеяния, радиолокационная заметность, ложные цели.

Авторы заявляют об отсутствии возможных конфликтов интересов.

DOI: 10.24937/2542-2324-2023-2-404-154-157
UDC 621.396.96

A.Yu. Andreev , I.A. Shikhov
Krylov State Research Centre, St. Petersburg, Russia

FLOATING OFF-BOARD RADAR DECOYS: STEALTH AT SEA

Object and purpose of research. Radar signatures of floating off-board decoys used by foreign navies for eluding anti-ship missiles of at sea are estimated.

Materials and methods. Analysis of existing floating radar decoys are based on reviews of leading foreign experts. Signatures of these decoys at sea were calculated using a four-beam model of electromagnetic wave scattering on the underlying surface developed at KSRC.

Main results. Quantitative assessments of floating decoy detection ranges by typical anti-ship missile radar seekers are made.

Conclusion. The investigations showed that flying radar balloons are more effective in seduction of anti-ship missiles.

Keywords: radar detection at sea, radar cross-section, radar signature, decoys.

The authors declare no conflicts of interest.

Радиолокационные надувные ложные цели с 1960-х гг. используются для «обмана» систем распознавания и увода противокорабельных ракет с радиолокационными головками самонаведения.

Через 10 лет после Фолклендского кризиса все британские и американские корабли имели на вооружении отражатели типа DLF (рис. 1 (см. вклейку) и 2). Они представляют собой трехгранные

Для цитирования: Андреев А.Ю., Шихов И.А. Надувные радиолокационные отражатели: заметность на море. Труды Крыловского государственного научного центра. 2023; 2(404): 154–157.

For citations: Andreev A.Yu., Shikhov I.A. Floating off-board radar decoys: stealth at sea. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2023; 2(404): 154–157 (in Russian).

уголковые отражатели или группы из них – отражатели-октаэдры, образованные тремя ортогональными плоскостями (рис. 3 и 4 (см. вклейку)).

Для металлических октаэдров, используемых на навигационных знаках [2, 3], полярные диаграммы эффективной площади рассеяния (рис. 5, см. вклейку) хорошо известны [1, 2]. В отличие от них в надувном варианте отражающие грани из металлизированной ткани формируются внутри радиопрозрачной оболочки только после надувания: в реальных условиях – после запуска (рис. 6, см. вклейку). Из-за этого достаточно трудно выдержать плоскостность граней и их ортогональность, что необходимо для формирования большой эффективной площади рассеяния (ЭПР) [4].

Поэтому конструкция таких отражателей постоянно совершенствуется. На рис. 6 приведены фотографии надувного отражателя DLF-3В английской фирмы Irvin Aerospace Ltd. На американском флоте он проходит под обозначением Mk 59. Этот отражатель тоже модифицировался за прошедшие годы [5, 6] и получил еще одно наименование – FDS3 (Floating Decoy System). На рис. 7 (см. вклейку) показаны более поздние фотографии, из которых видно, что «посадка» отражателя стала более высокой (как будто его надули гелием). Это привело к улучшению его характеристик, как будет показано ниже.

В феврале 2019 г. этой же фирме поступило предложение от Министерства обороны Великобритании на разработку более совершенного надувного отражателя N-POD (Naval Passive Off-Board Decoy), который должен поступить на вооружение в 2025 г. [5].

Отражатель-октаэдр может быть представлен как точечная цель над поверхностью моря [2]. При размере ребра надувного уголкового отражателя $a = 1$ м (рис. 3) его ЭПР в свободном пространстве может быть оценена [1] в $\sigma = 1500$ м². При приближении к отражателю противокорабельной ракеты с радиолокационной головкой самонаведения (РЛГСН) сигнал в ее приемнике сильно флуктуирует [7] из-за интерференции четырех лучей, показанных на рис. 8 [8].

Для расчета дальности захвата надувного отражателя РЛГСН удобно использовать понятие «радиолокационная заметность» Σ [8], связанное с ЭПР в свободном пространстве σ через множитель распространения над морем F^4 [9]: $\Sigma = \sigma F^4$.

Множитель распространения для отражателя на море (и радиолокационная заметность вместе с ним) существенно зависит от высоты расположе-

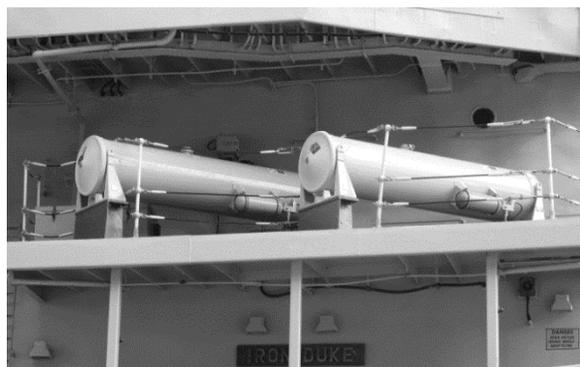


Рис. 2. Пусковые установки надувных ложных целей DLF(3b) на борту английского фрегата Iron Duke

Fig. 2. Launchers of floating decoys DLF(3b) on board the frigate *HMS Iron Duke*

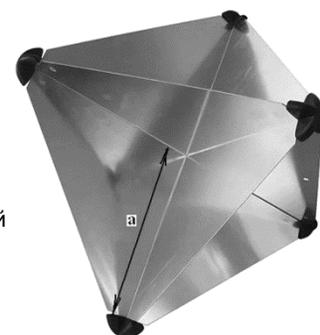


Рис. 3. Металлический отражатель типа «октаэдр»

Fig. 3. Metal chaff of "octahedron" type

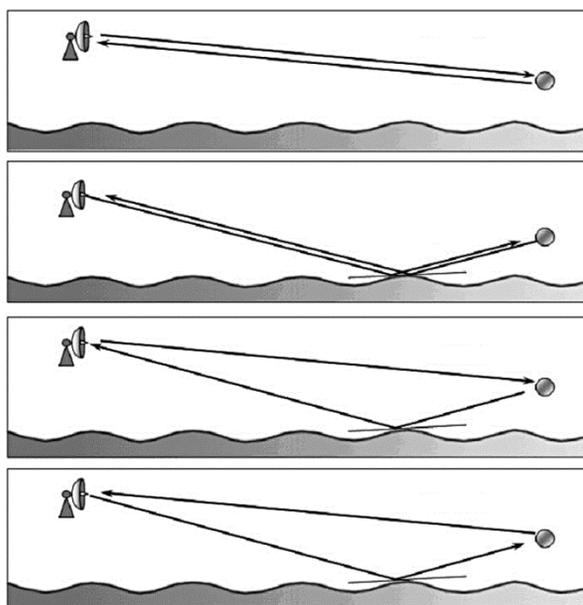


Рис. 8. Четырехлучевая модель формирования поля, отраженного морским объектом [8]

Fig. 8. Four-beam model of the field reflected from a marine object [8]

ния фазового центра отражателя над поверхностью воды. Принимая высоту фазового центра отражателя AN/SLQ-49 (рис. 1) над морем $h_1 = 1$ м, для отражателя FDS3 (рис. 7) $h_2 = 2$ м и для отражателя Wizard (рис. 4) $h_3 = 15$ м, можно оценить дистанцию их захвата типовой РЛ ГСН. Чувствительность приемника для нее принимается минус 150 дБ/Вт, поляризация горизонтальная [7]. На рис. 9 (см. вклейку) приведены для такой головки зависимости от дистанции мощности в приемнике (которая пропорциональна радиолокационной заметности Σ [8]) при высоте полета ракеты над морем $H = 5$ м.

С запасом 10 дБ на соотношение «сигнал/шум», РЛ ГСН обнаружит плавающий отражатель FDS3 на дистанции $R = 11,8$ км, а летающий отражатель Wizard – на дистанции 21,5 км.

Таким образом, эффективно работать на море плавающие надувные отражатели начинают на сравнительно близкой от корабля дистанции, несмотря на большую ЭПР в свободном пространстве. Увеличение этой дистанции может быть достигнуто при увеличении высоты фазового центра отражателя над водой, как это делается в случае установки октаэдров на навигационных знаках [2]. Такую возможность может дать надувной летающий отражатель типа израильского Wizard: благодаря большей высоте его расположения над поверхностью моря он будет виден радиолокационной головке существенно дальше, чем плавающие надувные отражатели.

Список использованной литературы

1. Кобак В.О. Радиолокационные отражатели. Москва : Сов. радио, 1975. 248 с.
2. Андреев А.Ю., Леонтьев В.В. Оптимизация высоты размещения знаков навигационной обстановки // Известия С.-Петербургского государственного электротехнического университета (ЛЭТИ). 1993. Вып. 460. С. 71–81.
3. ГОСТ Р ИСО 8729-1-2019. Суда и морские технологии. Судовые радиолокационные отражатели. Часть 1. Пассивный тип. Москва : Стандартинформ, 2019. IV, 14 с.
4. Смирнов А.П. Оценка мер эффективной площади рассеяния типа трехгранных уголкового отражателей // Измерительная техника. 1996. № 10. С. 45–48.
5. Scott R. UK reveals plans to buy new N-POD floating offboard decoy for soft-kill defence // Janes : [site]. 2019. 4 March. URL: <https://www.janes.com/defence-news/news-detail/uk-reveals-plans-to-buy-new-n-pod-floating-offboard-decoy-for-soft-kill-defence> (Accessed: 21.04.2023).

6. Airborne Systems to Supply Anti-Missile Decoys for Royal New Zealand Navy ANZAC class Frigates // Navy Recognition : [site]. 2014. 19 Aug. URL: <https://www.navyrecognition.com/index.php/naval-news/naval-news-archive/year-2014-news/august-2014-navy-naval-forces-maritime-industry-technology-security-global-news/1948-airborne-systems-to-supply-anti-missile-decoys-for-royal-new-zealand-navy-anzac-class-frigates.html> (Accessed: 21.04.2023).
7. Lee J.P.Y. Interception of LPI Radar Signals / Defence Research Establishment Ottawa. Ottawa, 1991. XV, 48 p. (DREO Technical Note ; № 91-23).
8. Штагер Е.А. Радиолокационная заметность корабля. Санкт-Петербург : BBM, 2019. 104 с.
9. Radar Handbook / Ed. M.I. Skolnik. New York : McGraw-Hill, 1970. 1 vol. (var. pag.).

References

1. Kobak V.O. Radar reflectors. Moscow : Soviet Radio, 1975. 248 p. (in Russian).
2. Andreev A.Yu., Leontiev V.V. Optimization of height levels for navigation marks // Izvestiya of Saint-Petersburg State Electrotechnical Unibersity (LETI). 1993. Vol. 460. P. 71–81 (in Russian).
3. GOST R ISO8729-1-2019 Ships and marine technology. Marine radar reflectors. Part 1. Passive type. Moscow : Standartinform, 2010. IV, 14 p. (in Russian).
4. Smirnov A.P. Assessment of measures for radar cross-sections of triangular corner reflectors // Measuring equipment. 1996. No. 10. P. 45–48 (in Russian).
5. Scott R. UK reveals plans to buy new N-POD floating offboard decoy for soft-kill defence // Janes : [site]. 2019. 4 March. URL: <https://www.janes.com/defence-news/news-detail/uk-reveals-plans-to-buy-new-n-pod-floating-offboard-decoy-for-soft-kill-defence> (Accessed: 21.04.2023).
6. Airborne Systems to Supply Anti-Missile Decoys for Royal New Zealand Navy ANZAC class Frigates // Navy Recognition : [site]. 2014. 19 Aug. URL: <https://www.navyrecognition.com/index.php/naval-news/naval-news-archive/year-2014-news/august-2014-navy-naval-forces-maritime-industry-technology-security-global-news/1948-airborne-systems-to-supply-anti-missile-decoys-for-royal-new-zealand-navy-anzac-class-frigates.html> (Accessed: 21.04.2023).
7. Lee J.P.Y. Interception of LPI Radar Signals / Defence Research Establishment Ottawa. Ottawa, 1991. XV, 48 p. (DREO Technical Note ; № 91-23).
8. Shtager E.A. Radar ship signatures. St. Petersburg : VVM, 2019. 104 p. (in Russian).
9. Radar Handbook / Ed. M.I. Skolnik. New York : McGraw-Hill, 1970. 1 vol. (var. pag.).

Сведения об авторах

Андреев Александр Юрьевич, начальник лаборатории ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. Тел.: +7 (812) 415-47-41. E-mail: andre-alex@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0002-2021-3674>.

Шихов Илья Артурович, заместитель начальника отделения ФГУП «Крыловский государственный научный центр». Адрес: 196158, Россия, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 44. E-mail: ilyashikhov@mail.ru.

About the authors

Andreev Alexander Yurievich, Head of Laboratory, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoe sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. Tel.: +7 (812) 415-47-41. E-mail: andre-alex@yandex.ru. <https://orcid.org/0000-0002-2021-3674>.

Shikhov Ilya Arturovich, Deputy Head of Division, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoe sh., St. Petersburg, Russia, post code 196158. E-mail: ilyashikhov@mail.ru.

Поступила / Received: 01.02.23
Принята в печать / Accepted: 02.06.23
© Андреев А.Ю., Шихов И.А., 2023

Рис. 1. Надвудная радиолокационная ложная цель DLF 2 (Великобритания) или AN/SLQ-49 (США) в контейнере и после остановки

Fig. 1. Floating radar decoys, type DLF 2 (UK) or AN/SLQ-49 (USA), in pods and after installation

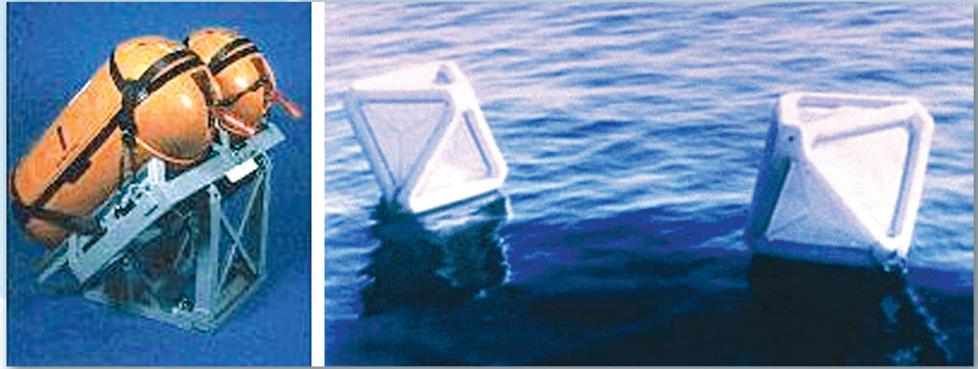


Рис. 4. Надвудная радиолокационная ложная цель Wizard (Wideband Zapping Anti-Radar Decoy). Израиль, 2007 г.

Fig. 4. Wideband Zapping Anti-Radar Decoy, Wizard. Israel, 2007

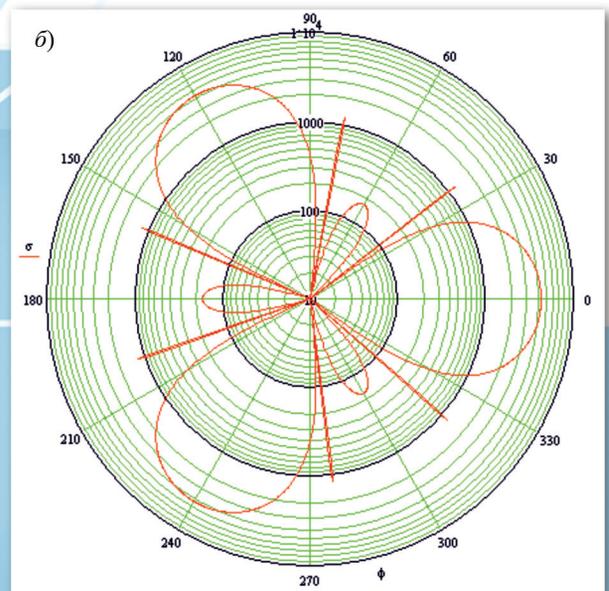
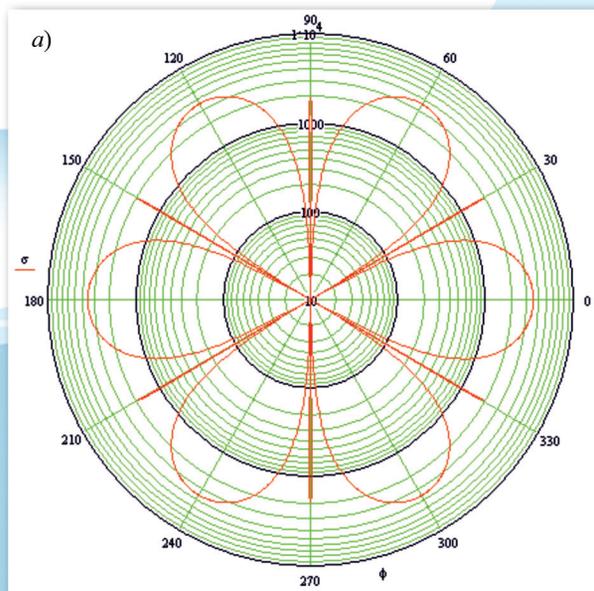


Рис. 5. Рассчитанные полярные диаграммы эффективной площади рассеяния идеального октаэдра с рис. 4: а) исходное положение; б) наклон вертикальной оси на 15°

Fig. 5. Calculated polar diagrams of ideal octahedron (Fig. 4) radar cross-section: а) initial position; б) 15° angle of vertical axis



Рис. 6. Надувная радиолокационная ложная цель DLF-3B (Мк 59) на воде и ее пуск с эсминца США Ramage. 2014 г.
Fig. 6. Inflatable decoy DLF-3B (Mk 59) in water and its launch from the destroyer USS Ramage. 2014

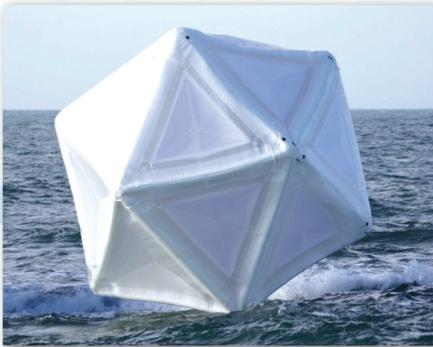


Рис. 7. Надувная радиолокационная ложная цель FDS3 на открытой воде и возле борта британского эсминца Diamond. 2019 г.
Fig. 7. Floating decoy system FDS3 in open water and by the side of destroyer HMS Diamond. 2019

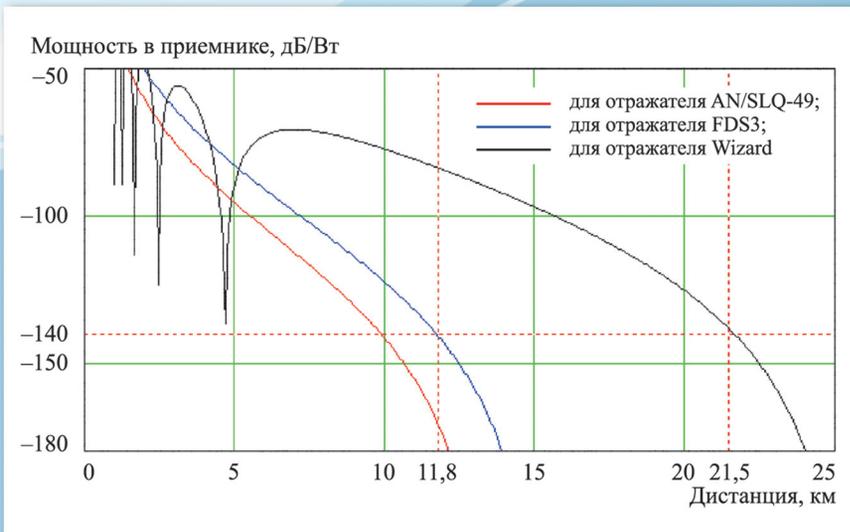


Рис. 9. Зависимость от дистанции мощности в приемнике типовой радиолокационной головки самонаведения

Fig. 9. Distance versus receiver power of typical radar seeker for decoys AN/SLQ-49, FDS3, and Wizard