


DOI: 10.24937/2542-2324-2022-4-402-115-119
УДК 621.396.96

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

ВОЗМОЖНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ МОРСКИХ РАДИОЛОКАТОРОВ С НИЗКОЙ ВЕРОЯТНОСТЬЮ ПЕРЕХВАТА ИХ ИЗЛУЧЕНИЯ

Объект и цель научной работы. Приведены результаты расчетных оценок характеристик излучения зарубежных радаров с низкой вероятностью перехвата излучения. Также выполнена количественная оценка возможности обнаружения излучения таких радаров типовыми корабельными средствами радиоэлектронной борьбы.

Материалы и методы. Анализ характеристик существующих зарубежных радаров с низкой вероятностью перехвата излучения и средств радиоэлектронной разведки выполнен в результате обзора работ ведущих зарубежных специалистов. Расчеты характеристик излучения таких «скрытных» радаров на море выполнялись с использованием четырехлучевой модели рассеяния электромагнитных волн над подстилающей поверхностью, разработанной учеными Крыловского центра.

Основные результаты. Выполнена количественная оценка возможности обнаружения излучения радиолокационной головки самонаведения противокорабельной ракеты RBS-15 типовыми корабельными средствами радиоэлектронной разведки.

Заключение. Проведенные исследования показали неэффективность существующих зарубежных корабельных средств радиоэлектронной разведки в условиях использования радаров с низкой вероятностью перехвата излучения.

Ключевые слова: морская радиолокация, радар с низкой вероятностью перехвата излучения, радиоэлектронная борьба, эффективная площадь рассеяния.

Автор заявляет об отсутствии возможных конфликтов интересов.

DOI: 10.24937/2542-2324-2022-4-402-115-119
UDC 621.396.96

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

NAVAL LPI RADARS: WAYS TO DETECT THEIR OPERATION

Object and purpose of research. This paper presents analytical estimates for emission characteristics of foreign low-probability-of-intercept (LPI) radars. It also gives a quantitative assessment to the possibility of detecting the operation of these radars by standard naval EW tools.

Materials and methods. This paper reviews the publications of leading foreign experts in order to analyse performance parameters of existing foreign LPI radars and ESM tools. Emission characteristics of these “stealthy” radars in marine conditions were calculated by means of the four-beam model of electromagnetic wave scattering over an underlying surface developed by Krylov State Research Centre researchers.

Для цитирования: Андреев А.Ю. Возможности обнаружения излучения морских радиолокаторов с низкой вероятностью перехвата их излучения. Труды Крыловского государственного научного центра. 2022; 4(402): 115–119.

For citations: Andreev A.Yu. Naval LPI radars: ways to detect their operation. Transactions of the Krylov State Research Centre. 2022; 4(402): 115–119 (in Russian).

Main results. The study yielded a quantitative estimate for the possibility to detect the emission of radar homing head for RBS-15 anti-ship missile by standard naval tools of radioelectronic surveillance.

Conclusion. The study has shown that ESM tools currently available with foreign navies cannot reliably detect the operation of LPI radars.

Keywords: naval radars, LPI radars, electronic warfare, radar cross-section.

The author declares no conflicts of interest.

Идея создать радиолокатор, излучение которого не будет обнаруживаться средствами радиоразведки противника (а сам он при этом будет «видеть» объекты врага), стала казаться реализуемой в конце 1980-х гг. [1].

В 1987 г. исследовательская лаборатория Philips разработала «скрытно работающий» радар Pilot, который был испытан на шведском ракетном катере Spica II. Радар продавался существовавшими тогда дочерними компаниями Philips PEAB в Швеции и Signaal в Нидерландах. С распродажей оборонных активов Philips компания PEAB была передана



Рис. 1. Радар Pilot на мачте корвета типа Visby
Fig. 1. Pilot radar at Visby-class corvette mast

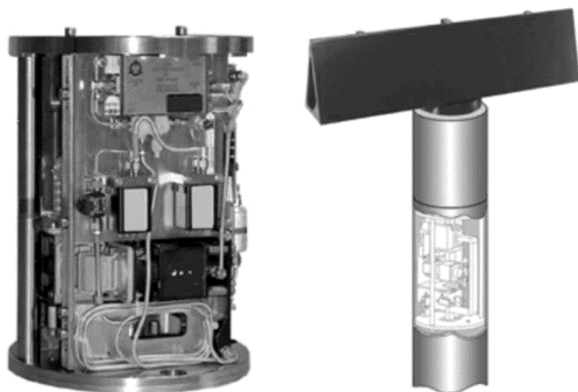


Рис. 2. Радар Pilot: приемопередатчик, подключаемый к ранее установленной антенне на выдвижном устройстве подводной лодки

Fig. 2. Pilot radar: transceiver unit from which fits in a submarine mast

Bofors (а теперь Saabtech) и сохранила название Pilot для этого радара [2]. Signaal был передан фирме Thales, которая его модифицировала и изменила название радара на Scout.

Главной особенностью таких «скрытных» радаров является малая излучаемая мощность – от 1 мВт до 3 Вт. Это позволяет говорить о низкой вероятности перехвата их излучения приемниками радиоразведки (low probability of intercept – LPI). Для этого Pilot использует линейно-частотную модуляцию длинного импульса (с полосой частот до 55 МГц), излучаемого в трехсантиметровом диапазоне (X-диапазон) длин волн сигнала. Преобразование Фурье выполняется по 1024 точкам, что обеспечивает 512 ячеек по дальности с разрешением 2,7 м. В результате такой радар может захватить на сопровождение цель с эффективной площадью рассеяния (ЭПР) в свободном пространстве $\sigma = 100 \text{ м}^2$ на дистанции 15 км [3].

В 2000 г. в Швеции был спущен первый стелс-корвет Visby, на котором и был установлен радар Pilot (рис. 1). При замене на корабле навигационного радара на Pilot могут быть сохранены антенна, фидеры, индикатор кругового обзора и другие компоненты [4] – при минимальной поставке заменяются только приемопередатчик (X-диапазона) и модуль обработки сигналов (рис. 2).

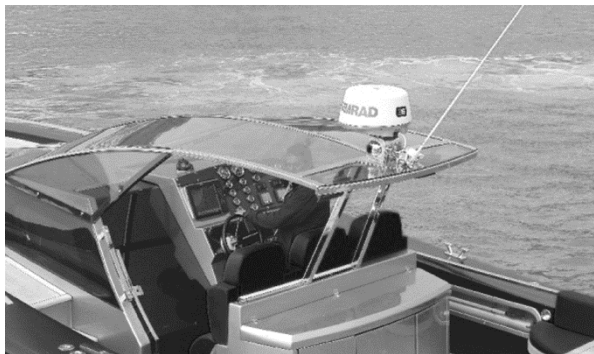
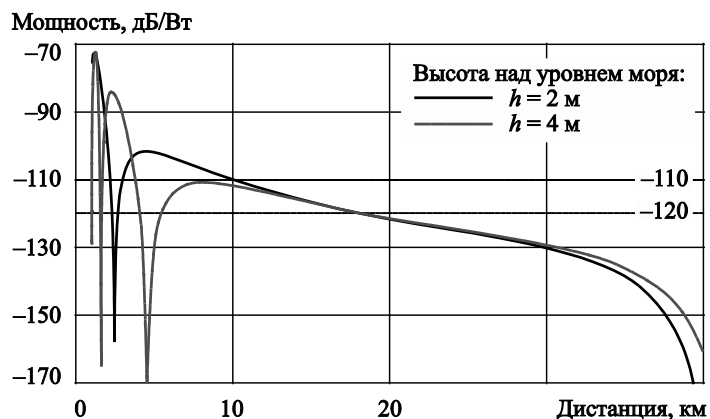


Рис. 3. «Скрытный» радар Simrad Broadband 4G на прогулочном катере

Fig. 3. Simrad Broadband 4G “stealthy” radar aboard a pleasure boat

Рис. 4. Зависимость от дальности принятого ракетой RBS-15 отраженного кораблем сигнала при расположении на нем «блестящей точки» с ЭПР $\sigma = 100 \text{ м}^2$

Fig. 4. Signal strength-versus-range curves for RBS-15 cruise missile homing to a ship "hot spot" with RCS $\sigma = 100 \text{ м}^2$



Сегодня кроме вышеупомянутого радара Scout (фирмы Thales, Нидерланды) «скрытные» корабельные радары выпускаются также в Великобритании, Испании, Польше, Турции, Индонезии [4]. А в США фирма Simrad сделала такой радар весом 7 кг для установки на яхтах (рис. 3): мощность его излучения – 165 мВт, что, плюс ко всему, гарантирует отсутствие облучения экипажа.

Сделав «скрытный» радар Pilot, шведская фирма Saab Bofors в начале 1990-х гг. разработала и испытала радиолокационную головку самонаведения (ГСН) со сниженным до милливатт уровнем излучения для противокорабельной ракеты RBS-15 Mk 2 [2]. В 1994 г. она же начала разработку ракеты следующего поколения RBS-15 Mk 3 с дальностью полета до 400 км, синтезом апертуры радара, помехоустойчивыми кодами излучаемого сигнала и GPS-наведением.

При подлете ракеты RBS-15, идущей к цели над водой на высоте 10 м, средства радиоэлектронной разведки (РЭР) атакуемого корабля с трудом могут обнаружить излучение ее головки самонаведения. Сама же ракета может обнаружить корабль на расстоянии $R = 15 \text{ км}$ [3]. Но включить излучение она может еще ближе – на дистанции $R = 10 \text{ км}$ [5] – выйдя в «точку прицеливания» по GPS-приемнику с погрешностью 50 м.

Излучение начинается на минимальной мощности (1 мВт). При отсутствии отраженного от цели сигнала мощность повышается с каждым следующим сканированием (поиском в секторе), пока цель не будет обнаружена. На рис. 4 приведены рассчитанные уровни отраженного от корабля сигнала в приемнике ракеты RBS-15 в зависимости от дальности [6]. Корабль представляется одиночной «блестящей точкой» с ЭПР $\sigma = 100 \text{ м}^2$, расположенной на высоте над водой $h = 2 \text{ м}$ либо $h = 4 \text{ м}$.

Расчеты выполнены для излучения ГСН ракеты на вертикальной поляризации при мощности 200 мВт [2]. На дистанции 10 км превышение отражения от цели над шумами в приемнике ракеты составляет от 8 до 10 дБ (чувствительность ГСН RBS-15 составляет минус 120 дБ/мВт [5]). Если для захвата цели этого будет достаточно, то мощность излучения дальше повышаться и не будет. Более того [2], после обнаружения цели передатчик выключается и ракета движется к следующей «точке прицеливания», где контроллер ГСН снова разрешит излучение сигнала начиная с минимальной мощности $P = 1 \text{ мВт}$.

Встает вопрос: а что при этом «увидит» приемник РЭР (рис. 5), установленный на атакуемом корабле? Чувствительность основных типов кора-



Рис. 5. Корабельный комплекс радиоэлектронной разведки Thales Sealion (Франция)

Fig. 5. Naval ESM system Thales Sealion (France)

Таблица. Чувствительность основных типов корабельных приемников РЭР

Table. Sensitivity of main naval electronic surveillance tools

Тип, фирма	Страна	Чувствительность, дБ/мВт	Назначение
Thales Sealion	Франция	-65	Надводный корабль
Thales Vigile 400	Франция	-60	Надводный корабль и подводная лодка (ПЛ)
SAAB Electronics UME-100	Швеция	-63	Подводная лодка
L3Harris ES-3701	США	-65	Надводный корабль
Thomson CSF DR 3000	Франция	-68	Надводный корабль и ПЛ

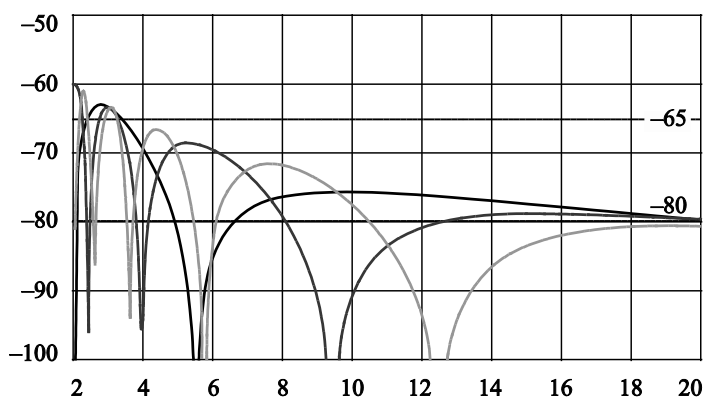


Рис. 6. Зависимость от дистанции до атакующей ракеты RBS-15 уровня мощности в типовом приемнике радиоэлектронной разведки

Fig. 6. Signal strength-versus-range curves for a typical naval ESM sensor detecting an approach of RBS-15 anti-ship missile

Высота установки антенны над уровнем моря:

- $h = 5$ м
- $h = 10$ м
- $h = 15$ м

бельных приемников РЭР в автоматическом режиме составляет около -65 дБ/мВт [4, 7]. Примеры некоторых из них приведены в таблице.

На рис. 6 приведены рассчитанные зависимости от дальности уровней мощности в типовом приемнике РЭР (при высоте установки его антенны 5, 10 и 15 м) при атаке ракеты RBS-15. Как и ранее, мощность излучения ГСН ракеты полагается 200 мВт, поляризация вертикальная. Из рисунка видно, что типовые корабельные средства РЭР (приемники с автоматическим обнаружением излучения) не смогут обнаружить излучения головки самонаведения ракеты RBS-15 вплоть до дистанций от 2–3 км. Для успешного противодействия таким радиолокационным ГСН необходимо повышение чувствительности приемников средств РЭР до -80 дБ/мВт или использование цифровых фильтров.

В заключение следует сказать, что «скрытные» радары завоевывают всё новые области применения на море. А для защиты от ракет с такими радиолокационными головками самонаведения требуется дальнейшее усовершенствование средств радиоэлектронной борьбы.

Список использованной литературы

1. Fuller K.L. To see and not be seen // IEE Proceedings F: Radar and Signal Processing. 1990. Vol. 137, No. 1. P. 1–10. DOI: 10.1049/ip-f-2.1990.0001.
2. Pace P.E. Detecting and Classifying Low probability of intercept radar. 2nd ed. Boston ; London : Artech House, 2004. XXX, 857 p.
3. Schleher D.C. LPI Radar: Fact or Fiction // IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. 2006. Vol. 21, No. 5. P. 3–6. DOI: 10.1109/MAES.2006.1635166.
4. Heinbach K., Painter R., Pace P. Commercially Available Low Probability of Intercept Radars and Non-Cooperative ELINT Receiver Capabilities. Monterey, 2014. XVII, 119 p. (Naval Postgraduate School Technical Report ; NPS-EC-14-003).
5. Lee J.P.Y. Interception of LPI Radar Signals / Defence Research Establishment Ottawa. Ottawa. 1991. XV, 48 p. (DREO Technical Note ; № 91-23).
6. О рассеянии электромагнитных волн на телах вблизи поверхности раздела / А.Ю. Андреев, Л.И. Богин, В.О. Кобак, В.В. Леонтьев // Радиотехника и электроника. 1990. Т. 35, № 4. С. 734–739.

7. Electronic Warfare and Radar Systems : Engineering Handbook / Naval Air Warfare Center Weapons Division. 4th Ed. Point Mugu, 2013. Var. pag. (NAWCWD TP ; No. 8347).
6. On electromagnetic scattering from the bodies near the boundary between the media / A. Andreev, L. Bogin, V. Kobak, V. Leontyev // Radiotekhnika i Elektronika (Journal of Communications Technology and Electronics). 1990. Vol. 35, No. 4. P. 734–739 (in Russian).

References

1. Fuller K.L. To see and not be seen // IEE Proceedings F: Radar and Signal Processing. 1990. Vol. 137, No. 1. P. 1–10. DOI: 10.1049/ip-f-2.1990.0001.
2. Pace P.E. Detecting and Classifying Low Probability of Intercept Radar. 2nd ed. Boston ; London : Artech House, 2004. XXX, 857 p.
3. Schleher D.C. LPI Radar: Fact or Fiction // IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine. 2006. Vol. 21, No. 5. P. 3–6. DOI: 10.1109/MAES.2006.1635166.
4. Heinbach K., Painter R., Pace P. Commercially Available Low Probability of Intercept Radars and Non-Cooperative ELINT Receiver Capabilities. Monterey, 2014. XVII, 119 p. (Naval Postgraduate School Technical Report ; NPS-EC-14-003).
5. Lee J.P.Y. Interception of LPI Radar Signals / Defence Research Establishment Ottawa. Ottawa. 1991. XV, 48 p. (DREO Technical Note ; No. 91-23).
7. Electronic Warfare and Radar Systems : Engineering Handbook / Naval Air Warfare Center Weapons Division. 4th Ed. Point Mugu, 2013. Var. pag. (NAWCWD TP ; No. 8347).

Сведения об авторе

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>.

About the author

Aleksandr Yu. Andreev, Head of Laboratory, Krylov State Research Centre. Address: 44, Moskovskoye 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>.

Поступила / Received: 02.06.22
Принята в печать / Accepted: 07.10.22
© Андреев А.Ю., 2022