

**ОЦІНКА РІВНЯ ВІДБИТОГО РАДІОЛОКАЦІЙНОГО СИГНАЛУ
НА ФОНІ МОРСЬКОГО КЛАТЕРА ПРИ РІЗНИХ
КУТАХ ОПРОМІНЕННЯ**

Правда В. І.¹, професор; Танигін В. Ю.²;

Роземборський В. М.¹, магістрант;

¹Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут», м. Київ, Україна

²ТОВ «Радіонікс»

Відбитий сигнал від елементів поверхні моря (клатер) затрудняє розпізнавання сигналів відбитих від цілей (кораблі, ракети та ін.). На відміну від відношення сигнал/шум (SNR), відношення сигнал/клатер (SCR) не покращується при збільшенні потужності передавача. При наявності клатера SCR визначається відношенням ефективної площі розсіювання цілі до ефективної опромінюваної площі підстилаючої поверхні [1]. Зосереджені цілі можуть бути виявлені тільки при досить високому відношенні сигнал/клатер. Деякий поверхневий клатер, наприклад бурхливе море, може призвести до утворення короткочасних потужних завад, які в свою чергу можуть викликати помилкову тривогу або пропуск невеликої цілі. При високих вхідних потужностях приймачі радарів попадають в насичення, що призводить до зменшення коефіцієнта підсилення і відповідно неможливості прийому слабких сигналів від дальніх або невеликих цілей. Тому, у багатьох випадках саме клатер стає обмежуючим фактором дальності виявлення цілі.

Актуальною задачею являється розрахунок потужності прийнятого клатера або ж відношення сигнал/клатер, що необхідно для аналізу динамічного діапазону приймача радіолокаційної системи та забезпечення заданих характеристик виявлення.

Розрахунок SCR ведеться окремо для клатера по головному променю ДН і для клатера по бічних пелюстках. Для знаходження клатера по головному променю необхідно виконати геометричні побудови, за якими визначається повна площа підстилаючої поверхні ΔS , на яку проектується головний промінь ДН (Рис. 1а). Якщо припустити, що поперечні розміри ΔS досить малі в порівнянні з дальністю до цілі, що справедливо для вузьких ДН, то потужність від окремих відбиваючих ділянок можна вважати однаковою по всій площі ΔS . Заштрихована область, це площа поверхні, від якої клатер потрапляє в одну зону дальності. Вона має приблизно прямокутну форму, а її ширина визначається проекцією роздільної здатності радіолокатора (d) на поверхню, а отже є фактичною відбиваючою площею ΔS_{sea} [2]:

$$\Delta S_{sea} = \Delta S \cdot d.$$

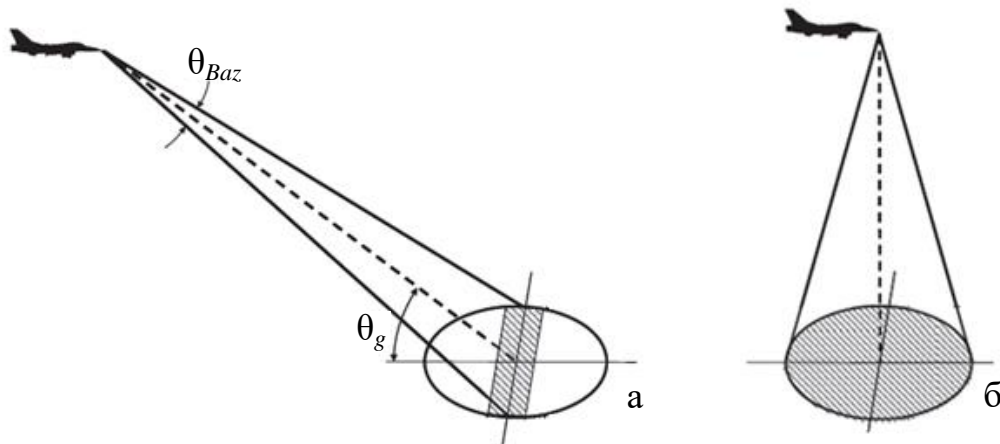


Рисунок 1. Геометрія клатера:
а — по головному променю, б — по бічних пелюстках.

При малих кутах ковзання ($\theta_g < 10^\circ$) через те, що ширина головного променя ДН ($\theta_{Baz} \approx 5^\circ$) наближається до кута спостереження, освітлювана площа моря має сильно витягнуту форму. У граничному випадку її дальній край буде визначатися радіогоризонтом. Тому необхідно враховувати неоднорідність потужності відбиттів від окремих відбиваючих ділянок освітлюваної поверхні. З рівняння дальності можна отримати ефективну освітлювану площу моря (ΔS_{eff}), яка розташована на такій же відстані як і ціль, і виробляє таку ж потужність перешкоди, що і реальна освітлювана поверхня. Звідки отримуємо:

$$\Delta S_{sea} = \Delta S_{eff} \cdot d.$$

Щодо відбиттів по лінії висоти, то вони формуються завдяки бічним пелюсткам ДН, що розміщені під кутом приблизно 90° відносно поверхні. Зазвичай їх рівень знаходиться в районі $G_{sl} = -20 \dots -25$ dB [3].

Найвні в літературі дані про коефіцієнт розсіювання поверхні [4] говорять про сильне “дзеркальне” відбиття від морської поверхні в області нормального падіння. При падінні зондуючого сигналу на поверхню під кутом $\phi_g = 90^\circ$ відбиваюча площа має форму кола з центром, що знаходиться вертикально під антеною (Рис. 1б). ЕПР відбиваючої поверхні моря ΔS_{AL} буде визначатися за формулою [5]:

$$\Delta S_{AL} [\text{dBm}^2] = 10 \cdot \log(\Delta S_{sea}) + \sigma_t^0 [\text{dB}]$$

Нехай ціль з ЕПР $\sigma_t [\text{dBm}^2]$ і відбиваюча поверхня з ЕПР $\Delta S_{AL} [\text{dBm}^2]$ розташовані на відстанях R_t і H_a відповідно. Це найкоротша відстань від радара до поверхні, тому втрати на поширення мінімальні і потужність прийнятих завад максимальна. Тоді SCR розраховується за такою формулою:

$$q_{cls0}^2 [\text{dB}] = 10 \cdot \log\left(\frac{P_s}{P_{cl}}\right) = \sigma_t [\text{dBm}^2] - \Delta S_{AL} [\text{dBm}^2] - 2 \cdot G_{sl} [\text{dB}] - 40 \cdot \log\left(\frac{R_t}{H_a}\right)$$

Значення розрахованих відношень SCR приведені в табл. 1.

Таблиця 1. Значення q_{cls0}^2 [dB].

ϕ_g	Для завад по головному променю		Для завад по лінії висоти	
	$\lambda = 3$ см	$\lambda = 2$ см	$\lambda = 3$ см	$\lambda = 2$ см
5	-27,6	-25	-53,4	-55,8
7,5	-28	-23,8	-48,1	-50,6
10	-27,3	-22,4	-44,5	-46,9

Отримані результати розрахунку потужності відбиттів від поверхні моря при різних кутах падіння та довжинах хвиль дозволяють оцінити необхідний динамічний діапазон приймача, значення якого має бути більше максимального по модулю відношення сигнал/клатер. Отож для забезпечення лінійності тракту необхідний АЦП розрядністю не менше 10 біт із відповідним динамічним діапазоном 60дБ. Також можливий розв'язок оберненої задачі розрахунку максимальної дальності виявлення цілі із заданою ЕПР та імовірністю правильного виявлення.

Перелік посилань

1. Curry G. R. Radar System Performance Modeling / G. R. Curry— Boston: Artech House, 2005. — 411 p
2. Alabaster C. Pulse Doppler Radar: Principles, Technology, Applications / C. Alabaster. — Edison, NJ: SciTech Publishing, 2012. — 428 p.
3. Nathanson F. E. Radar Design Principles / F. E. Nathanson, J. P. Reilly, M. N. Cohen. — Mendham: SciTech Publishing, 1999. — 724 p.
4. Long M. W. Radar reflectivity of land and sea / M. W. Long. — Boston: Artech House, 2001. — 221 p.
5. Ward K. D. Sea clutter: scattering, the K distribution and radar performance / K. D. Ward, R. J. A. Tough, S. Watts. — London: The Institution of Engineering and Technology, 2006. — 452 p

Анотація

Проаналізовано методи оцінки ЕПР відбиваючої поверхні моря для різних кутів падіння та довжин хвиль. На їх основі проведені розрахунки відношення сигнал/клатер для завад по головному променю та лінії висоти. Отримані результати використані для вибору динамічного діапазону АЦП приймача РЛС.

Ключові слова: динамічний діапазон, РЛС, морський клатер.

Аннотация

Проанализированы методы оценки ЭПР отражающей поверхности моря для различных углов падения и длин волн. На их основе проведены расчеты отношения сигнал/клаттер для помех по главному лучу и линии высоты. Полученные результаты использованы для выбора динамического диапазона АЦП приемника РЛС.

Ключевые слова: динамический диапазон, РЛС, морской клатер.

Abstract

Was analyzed radar cross-section of the sea surface at different angles of incidence and wavelengths. On the basis of this modeling were obtained calculations of the signal to clutter ratio of the main beam and the altitude line of the radar. The results used to select the dynamic range of the radar receiver ADC.

Keywords: dynamic range, radar, sea clutter.