

УДК: 623.765.4

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГАРАНТИРОВАННОЙ ДАЛЬНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ
НИЗКОЛЕТАЮЩИХ ЦЕЛЕЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫМИ СТАНЦИЯМИ
ОБНАРУЖЕНИЯ НАДВОДНОГО КОРАБЛЯ**

**DETERMINATION OF GUARANTEED RANGE OF LOW-FLYING TARGETS
DETECTION BY RADAR STATIONS OF SURFACE SHIP DETECTION**

Канд. техн. наук В.А. Галий, С.Н. Иванищев, канд. техн. наук В.Н. Букрий

Ph.D. V.A. Galiy, S.N. Ivanishev, Ph.D. V.N. Bukriy

Севастопольский государственный университет

В современных условиях, возможность вероятного противника наносить удары низколетающими целями (НЛЦ) одновременно с нескольких направлений, высокая интенсивность ударов и предельно малые высоты полета малоразмерных маневрирующих НЛЦ создают большие трудности для их обнаружения средствами кораблей ВМФ. В статье рассмотрен алгоритм определения гарантированной дальности обнаружения низколетающих целей (НЛЦ) радиолокационными станциями обнаружения надводного корабля. Поставленная задача решается с учетом степени готовности и режимов работы РЛС обнаружения, характеристик НЛЦ, характеристик радиолокационной наблюдаемости, применения противником различного рода помех.

Ключевые слова: низколетающая цель, радиолокационные станции обнаружения, вероятность ложной тревоги, гарантированная дальность обнаружения, средства радиоэлектронной борьбы (РЭБ), модель помеховой обстановки.

In modern conditions, a likely enemy ability to strike the blows to low-flying targets (LFT) simultaneously from several directions, the high intensity of the attacks and the extremely low flight altitudes of the small maneuvering targets (LFT) create great difficulties for their detection by the facilities of navy ships. The article considers an algorithm for guaranteed range determination of detection of low-flying targets (LFT) by radar stations of surface ship detection. The task is solved taking into account the degree of the readiness and operation modes of the detection radar station, characteristics of the LFT, characteristics of the radar observability, application of the various kinds of interference by the enemy.

Keywords: low-flying target, radar stations of detection, false alarm probability, guaranteed range of detection, facilities of electronic warfare (EW), model of interference situation.

Направленность боевой подготовки Военно-морских сил (ВМС) ведущих морских государств, а также опыт локальных войн свидетельствуют об использовании против отдельных кораблей и корабельных соединений средств воздушного нападения (СВН) на малых и сверхмалых высотах. Для успешной борьбы с низколетающими целями (НЛЦ) большое значение имеет их

своевременное обнаружение. При этом, как правило, работа радиолокационной станции (РЛС) надводного корабля (НК) будет осуществляться в условиях интенсивного воздействия со стороны противника разного рода активных, пассивных и комбинированных помех. Под НЛЦ понимаются воздушные цели, линия визирования которых лежит ниже продольной оси симметрии первого

лепестка диаграммы направленности антенны РЛС. Именно в этой области вследствие интерференции прямой и отраженной волн происходит заметное ослабление напряженности результирующего электромагнитного поля, что ведет к резкому сокращению дальности обнаружения [8].

Практика боевого применения РЛС обнаружения показывает, что даже в относительно однородных условиях дальность этих средств никогда не остается постоянной, она меняется от случая к случаю в некоторых пределах. Можно считать, что обнаружение цели конкретной РЛС на определенной дальности есть случайное событие, а дальность обнаружения X — случайная величина.

Известно, что наиболее полной характеристикой случайной величины является ее функция распределения [7]:

$$F(R) = P(X < R) = \int_{-\infty}^R \phi(x) dx,$$

означающая по сути вероятность необнаружения цели на дальности R , т.е. $F(R) = Q(R)$. Следовательно, вероятность обнаружения цели на дальности не менее R есть:

$$\begin{aligned} P(X \geq R) &= \int_R^{\infty} \phi(x) dx = \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \phi(x) dx - \int_{-\infty}^R \phi(x) dx = 1 - F(R). \end{aligned}$$

Зная функцию распределения, можно кроме вероятности обнаружения найти и числовые характеристики закона распределения случайной дальности обнаружения. Однако в некоторых практических задачах наибольший интерес представляют не математическое ожидание и дисперсия, а, так называемая, гарантированная дальность обнаружения $R_{ог}$, как дальность обнаружения с определенным (гарантированным) уровнем вероятности $P_{г}$.

Обозначим:

$R_{ог}$ — гарантированная дальность обнаружения НЛЦ;

$P_{г}$ — гарантированная вероятность;

$F_{1-P_{г}}$ — квантиль уровня вероятности равного $1 - P_{г}$ функции распределения случайной дальности обнаружения.

Тогда гарантированная дальность обнаружения $R_{ог}$ определится выражением:

$$R_{ог} = F_{1-P_{г}}.$$

Таким образом, $R_{ог}$ — это числовая характеристика функции распределения, характеризующая значение дальности для заданного гарантированного уровня вероятности.

Задача состоит в том, чтобы получить указанную числовую характеристику для РЛС обнаружения НК в зависимости от:

- степени готовности и режимов работы РЛС обнаружения;
- характеристик НЛЦ;
- характеристик радиолокационной наблюдемости;
- применения противником:
 - а) активных помех;
 - б) пассивных помех;
 - в) комбинированных помех и в беспомеховой обстановке.

Как известно, задача обнаружения цели РЛС сводится к сравнительной проверке двух гипотез:

- 1-я — имеется сигнал от цели, смешанный с шумом;
- 2-я — имеется лишь шум.

При этом могут иметь место ошибки первого и второго рода. Ошибка 1-го рода — при отсутствии цели принять 1-ю гипотезу. Вероятность ошибки 1-го рода называется вероятностью ложной тревоги. Ошибка 2-го рода — при наличии цели принять гипотезу номер два. Вероятность ошибки 2-го рода называется вероятностью пропуска цели. Вероятность события, противоположного пропуску цели, есть вероятность правильного обнаружения.

В радиолокации обычно задается уровень вероятности ложной тревоги и, полагая функцию распределения шума известной, определяется величина порога ограничения приемника РЛС. При расчетах используются номограммы зависимости вероятности правильного обнаружения от нормированной дальности с учетом принятого уровня вероятности ложной тревоги [9].

Номограммы показывают, что по мере увеличения дальности вероятность правильного обнаружения уменьшается, и это уменьшение тем более значительно, чем меньше принятый уровень вероятности ложной тревоги. Вероятность ложной тревоги принимается обычно равной $10^{-3} - 10^{-4}$ при обнаружении цели оператором и $10^{-5} - 10^{-6}$, когда

в качестве обнаружителя используется система обработки радиолокационной информации [10].

В предлагаемой математической модели использован довольно часто применяемый на практике критерий « m из n », т.е. получение не менее m обнаружений в n обзорах.

При выполнении следующих условий:

а) независимости событий обнаружения от обзора к обзору;

б) незначительных изменениях условий обнаружения от обзора к обзору, накопленная вероятность обнаружения цели в каждом последующем обзоре рассчитывается по формуле:

$$P_s = 1 - (1 - P_1)^s,$$

где P_1 — вероятность правильного обнаружения цели в первом обзоре;

P_s — накопленная вероятность правильного обнаружения цели в s -м обзоре.

При различных получаемых по формуле значениях накопленных вероятностей от обзора к обзору вероятность обнаружения цели ровно m раз в n обзорах подчиняется обобщенному биномиальному распределению. В математической модели, исходя из практических соображений, интервалы возможных значений m и n приняты следующими: $m = 1,5$ и $n = 1,5$.

При этом накопленная вероятность обнаружения цели по критерию « m из n » определится выражением:

$$P_\Gamma = P_{i \geq m}. \quad (2)$$

В методике [1] расчета гарантированной дальности обнаружения НЛЦ накопленная вероятность $P_{i \geq m}$ задается в качестве гарантированной. Ее величина выбирается исходя из необходимости обеспечения при выдаче целеуказания минимально возможного пропуска цели для конкретной тактической обстановки. Задаваясь величиной гарантированной вероятности P_Γ , принимая во внимание зависимости (1, 2), можно получить значение вероятности правильного обнаружения НЛЦ в первом обзоре P_1 как функцию

$$P_1 = F(P_\Gamma). \quad (3)$$

Получаемая таким образом вероятность P_1 используется в дальнейших расчетах для опре-

деления гарантированной дальности обнаружения НЛЦ.

Ожидаемая гарантированная дальность обнаружения цели $R_{\text{ог}}$ определяется влиянием двух величин — энергетической дальности R_0 , определяющей возможность обнаружения конкретной цели за счет энергетического потенциала РЛС, и геометрической дальности R_Γ , определяющей дальность радиолокационного горизонта (дальность прямой радиолокационной видимости).

Энергетическая дальность обнаружения НЛЦ конкретной РЛС ограничивается дальностью радиолокационного горизонта:

$$R_\Gamma \approx 4,12 \left(\sqrt{h_a} + \sqrt{h_n} \right),$$

где h_a — высота установки антенны РЛС;

h_n — высота полета НЛЦ.

Близость водной поверхности приводит к тому, что даже РЛС с высокой энергетической характеристикой обеспечивает обнаружение НЛЦ на дальности $R < R_\Gamma$.

Учет влияния водной поверхности на дальность действия РЛС осуществляется введением в уравнение радиолокации множителя ослабления V [3, 6], т.е.

$$R_0 V = \sqrt{C_s f^2 (\epsilon_{\text{пр}}) \sigma V}, \quad (4)$$

где C_s — эквивалентная энергетическая характеристика РЛС;

$f(\epsilon_{\text{пр}})$ — значение нормированной диаграммы направленности антенны (ДНА) РЛС по мощности в вертикальной плоскости в направлении на цель;

$\epsilon_{\text{пр}}$ — угол между направлением на цель и осью ДНА РЛС;

σ — эффективная поверхность рассеивания цели (ЭПР);

V — коэффициент ослабления электромагнитного поля в точке местоположения цели, учитывающий влияние близости к морской поверхности ($V = 1$ — в свободном пространстве, $V = V_{\text{иф}}$ — в интерференционной области, $V = V_{\text{дф}}$ — в области дифракции).

Переход к числовой характеристике случайной дальности обнаружения (квантилю распределения для заданного уровня вероятности правильного обнаружения) связан с вводом

в уравнение (4) величины коэффициента различимости θ .

Из уравнения (4) следует:

$$R = R_{\max} \theta^{-\frac{1}{4}} = \frac{R_{\max}}{\sqrt[4]{\theta}} = \frac{R_0 V}{\sqrt[4]{\theta}} = \sqrt[4]{\frac{C_{\text{Э}} f^2 (\varepsilon_{\text{ПР}})}{\theta}} V. \quad (5)$$

Полученная дальность обнаружения характеризуется принятыми значениями вероятностей правильного обнаружения в одном обзоре $P_{\text{ПО}}$ и ложной тревоги $P_{\text{ЛТ}}$.

Определение дальности обнаружения по формуле (5) связано с громоздкими расчетами и решением трансцендентного уравнения. Как показано в работе [2], для ограниченного диапазона высот полета СВН, характерных для НЛЦ, возможно существенное упрощение расчетов. Такое упрощение основано на том, что на сантиметровых длинах волн граница применимости интерференционных формул для коэффициента ослабления V доходит до 0,6–0,9 дальности радиолокационного горизонта, т.е. охватывает практически всю область обнаружения НЛЦ.

В общем случае множитель ослабления в интерференционной области рассчитывается по формуле [2]:

$$V_{\text{ИФ}} = \sqrt{1 + \rho_{\text{Э}} \frac{f(\varepsilon_{\text{ОТР}})}{f(\varepsilon_{\text{ПР}})} + 2\rho_{\text{Э}} \sqrt{\frac{f(\varepsilon_{\text{ОТР}})}{f(\varepsilon_{\text{ПР}})}} \cos\left(\frac{2\pi\Delta r}{\lambda} + \Delta\phi\right)}, \quad (6)$$

где $\rho_{\text{Э}}$ и $\Delta\phi$ — модуль и фаза коэффициента отражения радиоволн от поверхности Земли;

$f(\varepsilon_{\text{ОТР}})$ — значение нормированной ДНА РЛС по мощности в вертикальной плоскости в направлении падающего на поверхность Земли луча;

$\varepsilon_{\text{ОТР}}$ — угол между направлением падающего на поверхность Земли луча и осью ДНА РЛС;

Δr — геометрическая разность путей прямого и отраженного от Земли лучей.

Формула (6) упрощается за счет того, что:

– угол расхождения прямого и падающего на поверхность Земли лучей Ψ настолько мал, что при достаточно широких в вертикальной плоскости ДНА выполняется примерное равенство $f(\varepsilon_{\text{ПР}}) \approx f(\varepsilon_{\text{ОТР}})$;

– на малых углах скольжения $\varepsilon_{\text{СК}}$ при обнаружении НЛЦ корабельными РЛС модуль коэффициента отражения $\rho_{\text{Э}} = 1$, а его фаза $\Delta\phi$ близка к 180° .

Тогда $V_{\text{ИФ}}$ преобразуется к виду:

$$V_{\text{ИФ}} = \sqrt{2 \left(1 - \cos\left(\frac{2\pi\Delta r}{\lambda}\right)\right)}.$$

Геометрическая разность хода лучей Δr вычисляется по формуле:

$$\Delta r = \frac{2h_a h_u}{r} \beta,$$

где r — дальность до НЛЦ по поверхности Земли;

β — коэффициент, учитывающий кривизну Земли.

После преобразований:

$$V_{\text{ИФ}} = 2 \sin\left(\left(\frac{2\pi h_a h_u}{r\lambda}\right) \beta\right).$$

При выполнении условия

$$\frac{2\pi h_a h_u}{r\lambda} \beta < \frac{\pi}{9}, \quad (7)$$

синус аргумента можно заменить аргументом

$$V_{\text{ИФ}} = \frac{4\pi h_a h_u}{r\lambda} \beta. \quad (8)$$

Опытные и расчетные данные по дальности обнаружения НЛЦ современными корабельными РЛС свидетельствуют о том, что условие (7) выполняется для абсолютного большинства случаев, имеющих место на практике. Тогда уравнение (5) с учетом (8) примет вид:

$$R = \sqrt[4]{\frac{C_{\text{Э}} f^2 (\varepsilon_{\text{ПР}}) \sigma}{\theta}} \times \frac{4\pi h_a h_u \beta}{r\lambda}. \quad (9)$$

Наклонная дальность до НЛЦ R и дальность по поверхности Земли r отличаются незначительно (менее 0,003 %), поэтому можно принять $R = r$. В этом случае выражение (9) примет вид:

$$R = \sqrt[8]{\frac{C_{\text{Э}} f^2 (\varepsilon_{\text{ПР}}) \sigma (4\pi)^4 h_a h_u \beta^4}{\theta \lambda^4}}. \quad (10)$$

Обозначим

$$R_{CB} \frac{4\pi h_a h_u}{\lambda} = A,$$

где R_{CB} — дальность обнаружения НЛЦ в свободном пространстве,

$$R_{CB} = \sqrt[4]{\frac{C_{\text{э}} f^2 (\varepsilon_{\text{ИП}}) \sigma}{\theta}}.$$

Тогда уравнение (10) примет вид [2]:

$$R^2 = A\beta, \quad (11)$$

$$\beta = 1,7 \frac{R^2}{R_{\Gamma}^2} - 3,78 \frac{R}{R_{\Gamma}} + 2,08. \quad (12)$$

Эквивалентная энергетическая характеристика РЛС $C_{\text{э}}$ рассчитывается по формуле:

$$C_{\text{э}} = \frac{P_{\text{и}} G_{\text{м}}^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 P_{\text{мин}} L},$$

где $P_{\text{и}}$ — излучаемая импульсная мощность РЛС;

$G_{\text{м}}$ — максимальный коэффициент направленного действия (КНД) антенны РЛС;

$P_{\text{мин}}$ — предельная чувствительность приемника РЛС;

L — суммарные потери полезного сигнала при прохождении им трактов приемного устройства РЛС.

После подстановки (12) в (11) получаем:

$$\frac{R^2}{A} = \frac{1,7}{R_{\Gamma}^2} R^2 - \frac{3,78}{R_{\Gamma}} R + 2,08.$$

Решение этого уравнения для заданной гарантированной вероятности P_{Γ} и соответствующей ей согласно (3) вероятности правильного обнаружения в первом обзоре P_1 является искомая гарантированная дальность обнаружения НЛЦ [2]:

$$R = R_{\text{ог}} = \frac{\frac{3,78}{R_{\Gamma}} - \sqrt{\frac{14,3}{R_{\Gamma}^2} - 8,32 \left(\frac{1,7}{R_{\Gamma}^2} - \frac{1}{A} \right)}}{2 \left(\frac{1,7}{R_{\Gamma}^2} - \frac{1}{A} \right)}.$$

Таким образом, получаемая в результате расчетов гарантированная дальность обнаружения

НЛЦ, характеризуется использованными значениями вероятностей правильного обнаружения в первом обзоре, вероятностей ложной тревоги, накопленными вероятностями правильного обнаружения в каждом из n последовательных обзоров, а также гарантированной вероятностью правильного обнаружения P_{Γ} при заданном критерии обнаружения « m из n ».

Для расчета дальности обнаружения НЛЦ в условиях радиоэлектронного подавления рассмотренный алгоритм необходимо дополнить моделью помеховой обстановки, позволяющей рассчитывать мощность помех на входе приемника РЛС.

Модель помеховой обстановки должна включать:

- способы боевых действий корабельных соединений и авиации противника (боевые порядки, состав соединений и групп самолетов-поставщиков помех, тактические приемы преодоления зоны ПВО корабельных соединений и т.д.);
- сведения об оснащении кораблей и самолетов противника средствами РЭБ;
- основные тактико-технические характеристики средств создания помех, устанавливаемых на кораблях и самолетах противника;
- ожидаемые способы применения средств РЭБ.

На вооружении ведущих морских государств имеются, как известно, различные типы станций как активных шумовых, так и пассивных помех. Знание технических характеристик конкретных станций позволяет учитывать это при производстве расчетов. Однако сведения о средствах РЭБ, которые могут быть применены противником в конкретном налете, всегда приблизительны. В этих условиях целесообразно в расчетах использовать обобщенные технические характеристики целой группы станций помех [4, 5].

Функционирование модели помеховой обстановки рассмотрим на примере учета воздействия активных маскирующих помех.

Расчет дальности обнаружения НЛЦ в условиях активных маскирующих помех производится по алгоритму, изложенному для расчета дальности в беспомеховой обстановке, с той лишь разницей, что меняется значение эквивалентной энергетической характеристики РЛС.

Выражение для энергетического потенциала РЛС в условиях воздействия активных помех принимает вид:

– для РЛС с линейно-частотно модулированным (ЛЧМ) зондирующим сигналом [4]

$$C_3 = \frac{P_i G_m^2 \lambda^2 K_{сж}}{(4\pi)^3 L (P_{\min} + P_{\text{ПВХ}})};$$

– для РЛС с монохроматическим зондирующим сигналом [4]

$$C_3 = \frac{P_i G_m^2 \lambda^2}{(4\pi)^3 L (P_{\min} + P_{\text{ПВХ}})},$$

где $P_{\text{ПВХ}}$ — мощность помехи на входе приемника РЛС;

$K_{сж}$ — коэффициент сжатия ЛЧМ-сигнала.

Мощность помехи на входе приемного устройства РЛС $P_{\text{ПВХ}}$ зависит от характера помехи (совмещенная, не совмещенная, прицельная, заградительная) и от направления ее постановки.

В том случае, когда известна спектральная плотность помехи (на передачу) Ψ (Вт/МГц), мощность помехи на входе приемника рассчитывается по формулам:

1. Прицельная помеха:

– совмещенная (в том числе только по пеленгу, когда разность направлений на помехопостановщик и прикрываемую им цель не превышает $\pm 10^\circ$)

$$P_{\text{ПВХ}} = \frac{\Psi G_m \lambda^2 \Delta f}{R_{\text{ПП}}^2 (4\pi)^2 L};$$

– не совмещенная

$$P_{\text{ПВХ}} = \frac{\Psi G_{\text{БЛ}} \lambda^2 \Delta f}{R_{\text{ПП}}^2 (4\pi)^2 L}. \quad (13)$$

2. Заградительная помеха:

– совмещенная (в том числе только по пеленгу)

$$P_{\text{ПВХ}} = \frac{\Psi G_m \lambda^2 \Delta f}{R_{\text{ПП}}^2 (4\pi)^2 L F_d};$$

– не совмещенная

$$P_{\text{ПВХ}} = \frac{\Psi G_{\text{БЛ}} \lambda^2 \Delta f}{R_{\text{ПП}}^2 (4\pi)^2 L F_d}, \quad (14)$$

где Ψ — спектральная плотность помехового сигнала;

$G_{\text{БЛ}}$ — коэффициент усиления антенны РЛС по боковым лепесткам;

$R_{\text{ПП}}$ — расстояние от РЛС до постановщика помех;

F_d — количество рабочих частот в РЛС с перестройкой несущей частоты от импульса к импульсу;

Δf — полоса пропускания приемника РЛС.

При постановке не совмещенной помехи одновременно с нескольких направлений в выражения (13), (14) вместо $P_{\text{ПВХ}}$ подставляется суммарная мощность помехи $P_{\text{ПВХ}\Sigma}$:

$$P_{\text{ПВХ}\Sigma} = \sum_{i=1}^m P_{\text{ПВХ}i},$$

где $P_{\text{ПВХ}i}$ — мощность помехи, поступающей на вход приемного устройства РЛС с i -го направления;

m — количество направлений постановки помехи.

В предлагаемой математической модели расчета гарантированной дальности обнаружения НЛЦ РЛС обнаружения кораблей расчеты выполняются для каждой РЛС, находящейся в боевой готовности № 1 (БГ-1).

Окончательным решением задачи является:

$$R_{\text{ОГ}\Sigma}^i = \max \langle R_{\text{ОГ}k}^i \rangle, (k = \overline{0, J}),$$

где $R_{\text{ОГ}k}^i$ — гарантированная дальность обнаружения НЛЦ k -й РЛС, находящейся в БГ-1 на НК i -го типа;

$R_{\text{ОГ}\Sigma}^i$ — результирующая дальность обнаружения НЛЦ НК i -го типа;

J — общее количество РЛС обнаружения, находящихся в БГ-1 на i -м типе НК.

Результатами решения являются [1]:

а) для РЛС обнаружения одиночного НК (программа DIST):

– гарантированная дальность обнаружения для заданной гарантированной вероятности;

б) для РЛС обнаружения ордера НК (программа $(0 \leq P_r \leq 1)$ DIST1):

– максимальная среди всех НК гарантированная дальность обнаружения для заданной гарантированной вероятности $(0 \leq P_r \leq 1)$.

Предлагаемая модель и разработанная на ее основе методика [1] позволяют производить оценку гарантированной дальности обнаружения различных типов НЛЦ РЛС обнаружения

надводных кораблей и использовать в дальнейшем полученные результаты для оценки боевых возможностей зенитных огневых средств (ЗОС). Предусмотрена возможность производства расчетов как для НЛЦ, находящихся на вооружении вероятного противника, так и для перспективных. При вводе в программу необходимых исходных данных расчеты могут быть выполнены и для перспективных проектов кораблей.

Сравнение результатов расчетов, выполненных на ПЭВМ, с имеемой фактической информацией обнаружения НЛЦ позволяет в определенной мере судить об адекватности предлагаемой математической модели и разработанной на ее основе методики и возможностях их практического применения.

Литература

1. Букрий В.Н. Методика расчета гарантированной дальности обнаружения низколетящих целей радиолокационными станциями обнаружения надводного корабля. — СПб: ВМА. 1993. 35 с.

2. Гребцов Г.М. Методика расчета дальности обнаружения низколетящих целей корабельными РЛС. — Л.: ВМА. 1988. 15 с.

3. Гребцов Г.М. Эффективность обнаружения целей корабельными РЛС. — Л.: ВМА. 1988. 5 с.

4. Гребцов Г.М. Расчет вероятностных характеристик радиолокационного обнаружения в условиях активных маскирующих помех. — Л.: ВМА. 1989. 8 с.

5. Гребцов Г.М. Расчет вероятностных характеристик радиолокационного обнаружения целей в условиях пассивных помех. — Л.: ВМА. 1989. 9 с.

6. Голев К.В. Расчет дальности действия РЛС. — М.: Радио. 1989. 204 с.

7. Горбунов Г.М. Эффективность обнаружения целей. — М.: Воениздат. 1980. 160 с.

8. Дулевич В.Е. и др. Теоретические основы радиолокации. — М.: Советское Радио. 1978. 732 с.

9. Каценбоген М.С. Характеристики обнаружения. — М.: Радио. 1992. 96 с.

10. Леонов С.А. Радиолокационные средства противовоздушной обороны. — М.: Воениздат. 1988. 188 с.

References

1. Bukriy V.N. Method of guaranteed range calculating of low-flying targets detection by radar stations of surface ship detection. — SPb.: VMA. 1993. 35 p.

2. Grebtsov G.M. Method of range calculating of low-flying targets detection by ship radar stations. — L.: VMA. 1988. 15 p.

3. Grebtsov G.M. Target detection effectiveness of ship radar stations. — L.: VMA. 1988. 5 p.

4. Grebtsov G.M. Calculation of probabilistic characteristics of radar detection in conditions of active obscuring interferenc. — L.: VMA. 1989. 8 p.

5. Grebtsov G.M. Calculation of probabilistic characteristics of radar target detection in conditions of passive interference. — L.: VMA. 1989. 9 p.

6. Golev K.V. Calculation of radar station range. — M.: Radio. 1989. 204 p.

7. Gorbunov G.M. Target detection effectiveness. — M.: Voenizdat. 1980. 160 p.

8. Dulevich V.Y. and others. Theoretical radar basics. — M.: Sovetskoye Radio. 1978. 732 p.

9. Katsenbogen M.S. Detection characteristics. — M.: Radio. 1992. 96 p.

10. Leonov S.A. Radar facilities of antiaircraft defense. — M.: Voenizdat. 1988. 188 p.