

Соломенцев О.И., д-р техн. наук, профессор НУК

Нгуен Доан Кыонг, канд. техн. наук, стажёр-исследователь

РАСЧЁТ ЭФФЕКТИВНОЙ ПОВЕРХНОСТИ РАССЕИВАНИЯ КОРАБЛЯ ПУТЁМ МОДЕЛИРОВАНИЯ КОРАБЛЯ ЭКВИВАЛЕНТНОЙ ПЛАСТИНОЙ

УДК 621.371.332

Для определения эффективной поверхности рассеивания (ЭПР) корабль приближённо моделируется пластиной, площадь которой равна его площади парусности S_{Π} , [1]. Центр этой пластины находится на расстоянии z_{Π} над границей раздела (над поверхностью воды), где z_{Π} - аппликата площади парусности. Предположим, что падение облучающего поля является нормальным (перпендикулярным к плоскости пластины). Это означает, что курсовой угол (угол по азимуту) $\varphi_{KV} = \frac{\pi}{2}$. К ЭПР этой пластины в свободном пространстве, равной при

указанных условиях и при вертикальном расположении пластины $\sigma_{ЭПР0}^* = \frac{4\pi S_{\Pi}^2}{\lambda^2}$,

вводятся поправки $U_{S1} = U_{S1}(\psi_M, \gamma)$, $U_{S2} = U_{S2}(\psi_M, h_3)$, $U_{S3}(\gamma, D_{\theta})$, U_{S4} и U_{S5} , так что будет

$$\sigma_{ЭПР} = \sigma_{ЭПР0}^* U_{S1}(\psi_M, \gamma) U_{S2}(\psi_M, h_3) U_{S3}(\gamma, D_{\theta}) U_{S4} U_{S5}.$$

Здесь обозначено: λ - длина радиоволны, $\sin \psi_M = \frac{h_{РЛС}}{\sqrt{h_{РЛС}^2 + R_{ОБН2}^2}} \approx \frac{h_{РЛС}}{R_{ОБН2}}$, ψ_M - угол места, определяемый для уровня КВЛ корабля, γ - угол наклона пластины к вертикали, h_3 - высота волны 3%-обеспеченности, $h_{РЛС}$ - высота расположения приёмно-передающей аппаратуры над уровнем моря, $D_{\theta} = D_{\theta}(h_3)$ - дисперсия бортовой качки. Здесь введение угла γ учитывает применение архитектурной защиты корабля.

Поправка $U_{S1} = U_{S1}(\psi_M, \gamma)$ учитывает то, что фактические условия облучения нашего корабля радиоволнами с РЛС корабля противника при наличии подстилающей (морской) поверхности отличаются от облучения пластины в свободном пространстве при нормальном падении луча. Расчётная формула для

поправочного коэффициента $U_{S1}(\psi_M, \gamma) = \frac{\sigma_{ЭПР}^*(\psi_M, \gamma)}{\sigma_{ЭПРО}^*}$, когда применяется

четырёхлучевая схема [1], имеет вид:

$$U_{S1}(\psi_M, \gamma) = \left| 2 \frac{\sin[kH_f \cos \psi_M \sin \gamma]}{kH_f \cos \psi_M \sin \gamma} - \kappa_{U1} \frac{\sin[kH_f \sin(\psi_M - \gamma)]}{kH_f \sin(\psi_M - \gamma)} - \kappa_{U2} \frac{\sin[kH_f \sin(\psi_M + \gamma)]}{kH_f \sin(\psi_M + \gamma)} \right|^2; \quad (1)$$

$$\kappa_{U1} = \exp(-2ikz_{II} \sin \psi_M); \quad \kappa_{U2} = \exp(-2ikz_{II} \cos \psi_M); \quad k = \frac{2\pi}{\lambda}; \quad H_f = 2z_{II} = \frac{S_{II}}{L}; \quad i = \sqrt{-1}.$$

Поправка $U_{S2} = U_{S2}(h_3)$ учитывает влияние шероховатости (негладкости, в данном конкретном случае - взволнованности) подстилающей поверхности. Мерой шероховатости здесь служит величина высоты волны 3%-обеспеченности h_3 или однозначно с ней связанная дисперсия волновых ординат $D_r = 0,035 h_3^2$. Применив соотношения из работы [3], для этой поправки при чисто зеркальном отражении радиоволн от морской поверхности находим:

$$U_{S2}(\psi_M, h_3) = \sqrt[4]{\frac{P_U(\Theta, a_r)}{P_U(\Theta, 0)}};$$

$$P_U(\Theta, a_r) = 6 + 2 \cos(2\Theta) \exp(-4a_r) - 8 \cos \Theta \exp(-a_r); \quad P_U(\Theta, 0) = 6 + 2 \cos(2\Theta) - 8 \cos \Theta;$$

$$\Theta = 2kH_f \sin \psi_M; \quad a_r = 2k^2 D_r \sin^2 \psi_M.$$

Коэффициент $U_{S3} = U_{S3}(\gamma, D_\theta)$ учитывает влияние бортовой качки на ЭПР корабля. Пусть корабль совершает бортовую качку, ординаты которой θ распределены по центрированному нормальному закону с дисперсией D_θ . Тогда коэффициент $U_{S3} = U_{S3}(\gamma, D_\theta)$ определится в виде, [1]:

$$U_{S3}(\gamma, D_\theta) = \frac{1}{U_{S1}(\psi_M, \gamma) \sqrt{2\pi D_\theta}} \int_{-\infty}^{+\infty} U_{S1}(\psi_M, \gamma - \theta) \exp\left[-\frac{(\gamma - \theta)^2}{2D_\theta}\right] d\theta.$$

Коэффициент U_{S4} учитывает наличие противорадиолокационных покрытий или материалов, [2]. Коэффициент U_{S5} учитывает влияние водяной (водно-пенной, аэрозольной) плёнки, покрывающей корабль. Происхождение указанной плёнки может быть как искусственным, когда применяются динамические средства маскировки (аэрозольные и водяные завесы), так и естественным.

Безразмерный коэффициент $\kappa_\gamma\left(\frac{\lambda}{\bar{\lambda}}, \gamma\right) = \frac{\lg \left[\frac{\sigma_{\text{эпр}0}}{\sigma_{\text{эпр}}} U_{s1}\left(\frac{\lambda}{\bar{\lambda}}, \gamma\right) \right]}{\lg \left[\frac{\sigma_{\text{эпр}0}}{\sigma_{\text{эпр}}} U_{s1}\left(\frac{\lambda}{\bar{\lambda}}, 0\right) \right]}$, где эталонная ЭПР

$\sigma_{\text{эпр}0} = 1 \text{ м}^2$ и эталонная длина радиоволны $\bar{\lambda} = 1 \text{ м}$, вычисленный при разных длинах волн λ и при разных углах места ψ_M , может характеризовать влияние архитектурной защиты корабля на ЭПР. Угол γ рассматривается в первом приближении как некоторый обобщённый показатель такой защиты

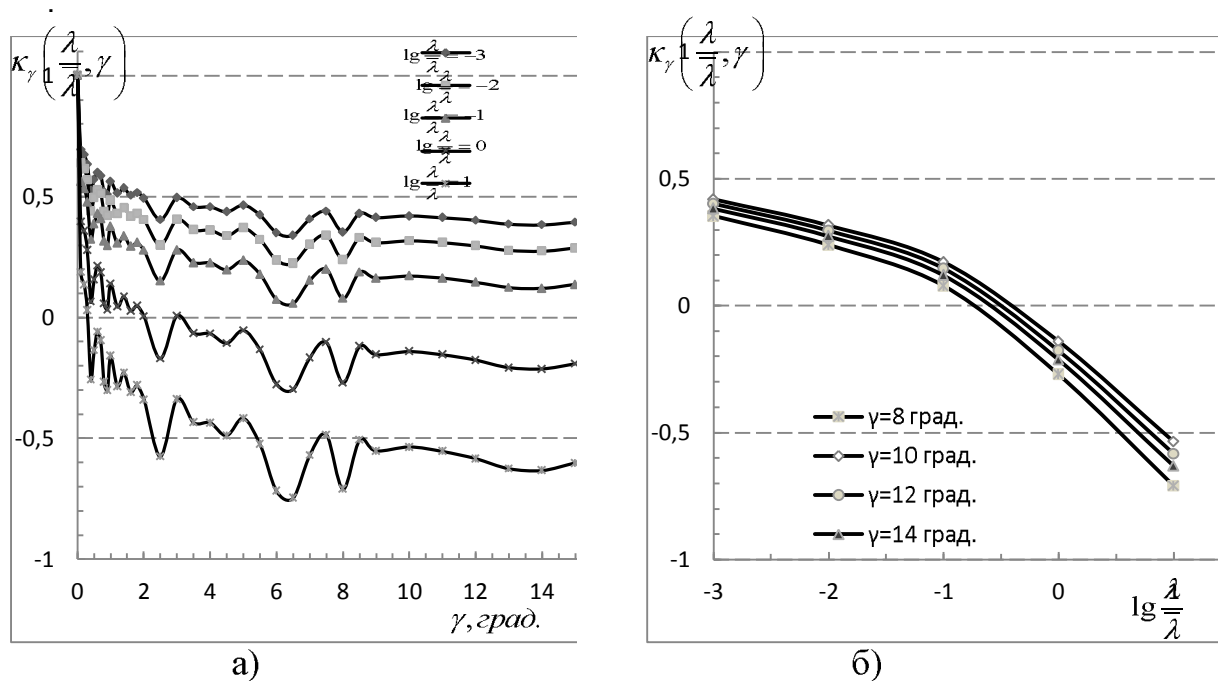


Рис.1. Зависимость коэффициента $\kappa_\gamma\left(\frac{\lambda}{\bar{\lambda}}, \gamma\right)$ от безразмерной длины

радиоволны $\frac{\lambda}{\bar{\lambda}}$ и угла наклона пластины γ при угле места $\psi_i = 0$.

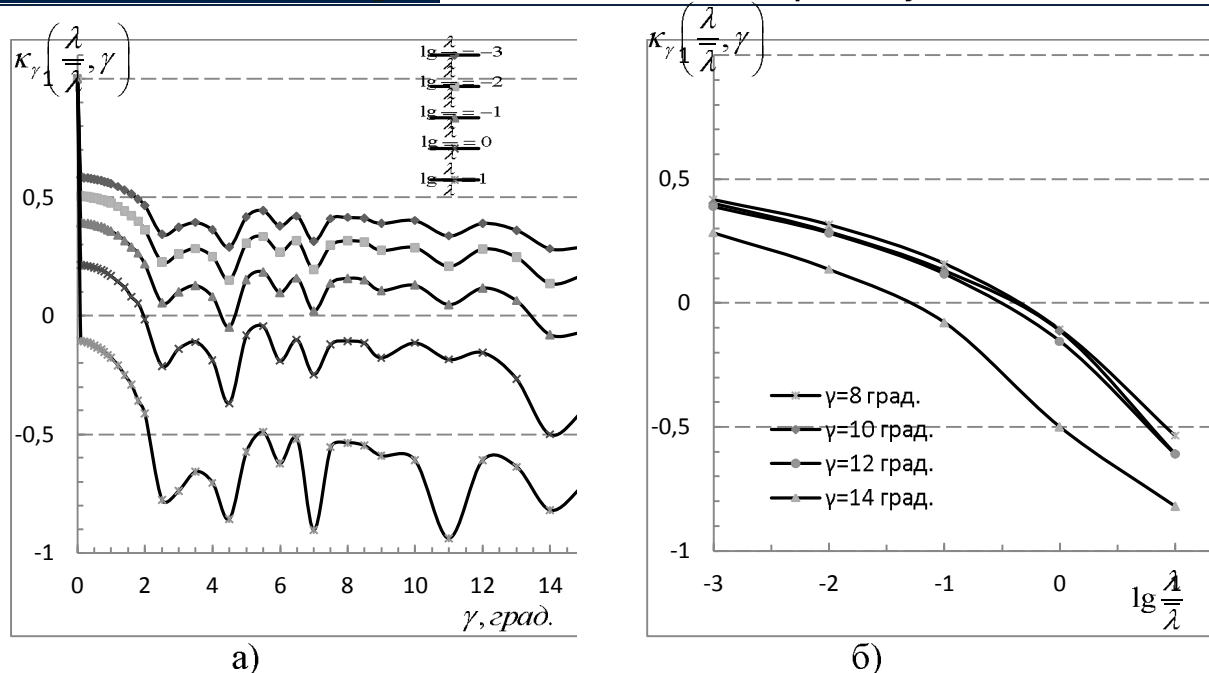


Рис.2. Зависимость коэффициента $\kappa_\gamma\left(\frac{\lambda}{\lambda_0}, \gamma\right)$ от безразмерной длины

радиоволны $\frac{\lambda}{\lambda_0}$ и угла наклона пластины γ при угле места $\psi_i = 30^\circ$

На рис. 1 и 2 приведены графические зависимости для коэффициента κ_γ в функции величины $\lg \frac{\lambda}{\lambda_0}$. Расчёты выполнялись для угла места $\psi_M = 0$, рис. 1 и для угла места $\psi_M = 30^\circ$ рис. 2. Эти зависимости позволяют судить о влиянии расчётного угла наклона на величину ЭПР проектируемого корабля.

Литература. 1. Андреев, А.Ю. Средняя эффективная площадь рассеивания колеблющейся прямоугольной пластины, расположенной на границе раздела двух сред [Текст] / А.Ю. Андреев, В.О. Кобак, В.В. Леонтьев // Радиотехника, 1989.-№6.- С. 65-68. 2. Степанов, Ю.Г. Противорадиолокационная маскировка [Текст] / Ю.Г. Степанов - М.: Советское радио, 1968.-144 с. 3. Штагер Е.А. Эффективная площадь рассеивания морских объектов в неоднородном падающем поле /Е.А. Штагер // 17-th Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology .-Sevastopol, 2007.-р. 9-14.