

С.В. Орехов, А.Ф. Волков, С.І. Корсунов, О.В. Лезік

Харківський національний університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДІАГРАМ ЗВОРОТНЬОГО ВТОРИННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ПРОТИРАДІОЛОКАЦІЙНИХ РАКЕТ В САНТИМЕТРОВОМУ ДІАПАЗОНІ ДОВЖИН ХВИЛЬ

На основі аналізу бойових можливостей засобів повітряного нападу (ЗПН), форм і способів їх бойового застосування в локальних війнах та конфліктах визначена проблема забезпечення ефективної та стійкої системи зенітного ракетно-артилерійського прикриття військ та об'єктів в умовах вогневого впливу з боку противника. Розглядається методика розрахунку характеристик розсіювання складних радіолокаційних об'єктів, зокрема протирадіолокаційних ракет (ПРР). Наведені розраховані діаграми зворотного вторинного випромінювання ПРР AGM-88 HARM в сантиметровому діапазоні довжин хвиль. Проведена інтервальна оцінка усередненої ефективної поверхні розсіювання ПРР при різних кутах опромінення.

Ключові слова: ефективна поверхня розсіювання, діаграми зворотного вторинного випромінювання ПРР, вогневий вплив.

Вступ

Постановка проблеми. Командування найбільш розвинених країн світу розглядає засоби повітряного нападу (ЗПН) як головну ударну силу в сучасних війнах [1–3]. Аналіз бойових можливостей ЗПН, а також форм і способів їх бойового застосування в локальних війнах та конфліктах показує, що сучасні військово-повітряні сили (ВПС) здатні самостійно проводити повітряні операції і вирішувати стратегічні задачі. З цього виходить, що без надійної протиповітряної оборони (ППО) не можна забезпечити ні стратегічного розгортання збройних сил, ні успішного ведення ними операцій, ні збереження військового і економічного потенціалу держави під час війни.

З початком активних бойових дій ВПС будуть вирішувати одну з основних бойових задач – завоювання та утримання переваги в повітрі, складовою частиною якої є подавлення та знищення наземних засобів системи ППО противника, з метою забезпечення свободи дій авіації при виконанні бойових завдань. **Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Досвід конфліктів останніх десятиріч показав, що знищення РЛС розвідки повітряного противника і вогневих засобів ППО є в теперішній час необхідною умовою для завоювання і утримання переваги в повітрі над противником. Тобто в умовах сьогодення, особливо актуальною та гострою для зенітних підрозділів, що мають на озброєнні радіолокаційні засоби є проблема забезпечення ефективної та стійкої системи зенітного ракетно-артилерійського прикриття військ та об'єктів в умовах вогневого впливу з боку противника [4]. Одним з заходів, спрямованих на рішення цієї проблеми є включення в склад

угруповань ППО ефективних засобів вогневого ураження ударних компонентів високоточної зброї противника, зокрема протирадіолокаційних ракет, в ближній зоні.

Метою статті є оцінка величин ефективної поверхні розсіювання (ЕПР) авіаційних протирадіолокаційних ракет (ПРР), зокрема ПРР AGM-88 HARM з метою доопрацювання існуючих зразків та формування вимог до перспективних засобів самооборони зенітних підрозділів.

Виклад основного матеріалу

Обраний зразок дослідження є класичним представником свого класу зброї та широко розповсюджений по всьому світу. На озброєнні різних країн світу буде стояти до 2030-2035 років. ПРР AGM-88 HARM має наступні характеристики: довжина – 4,17 м; діаметр – 0,25 м; розмах крил – 1,13 м; маса ПРР – 361 кг; маса бойової частини – 66 кг; максимальна дальність пуску – 106 км; мінімальна дальність пуску 25 км [5].

При розробці методики розрахунку діаграм зворотного вторинного випромінювання (ДЗВВ) ПРР припускаємо, що у вільному просторі знаходиться ракета. При цьому вважатимемо, що розміри ракети істотно більші за довжину падаючої хвилі, а планер ракети виконано з матеріалів, що володіють високою провідністю (впливом теплозахисного покриття нехтуватимемо, вважаючи його електрично тонким в порівнянні з довжиною хвилі). Вважатимемо також, що корпус ракети розташовано симетрично щодо осі OZ (рис. 1), причому аеродинамічні поверхні розміщуються в площинах XOZ і YOZ.

На даний розсіюючий об'єкт з поверхнею \tilde{S} – модель ракети падає плоска електромагнітна моно-

хроматична хвиля одиничної амплітуди з ортом поляризації \vec{p} і напрямом розповсюдження, що характеризується ортом \vec{R}^0 :

$$\vec{E}^0 = \vec{p} \exp[jk_0(\vec{R}^0 \cdot \vec{x})]; \quad (1)$$

$$\vec{H}^0 = \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}} (\vec{R}^0 \times \vec{p}) \exp[jk_0(\vec{R}^0 \cdot \vec{x})], \quad (2)$$

де $\varepsilon_0, \mu_0, k_0 = \omega \sqrt{\varepsilon_0 \mu_0}$ – діелектрична, магнітна проникність і хвилеве число вільного простору, відповідно (ω – кругова частота падаючої ЕМХ);

\vec{x} – радіус-вектор точки на поверхні моделі ракети.

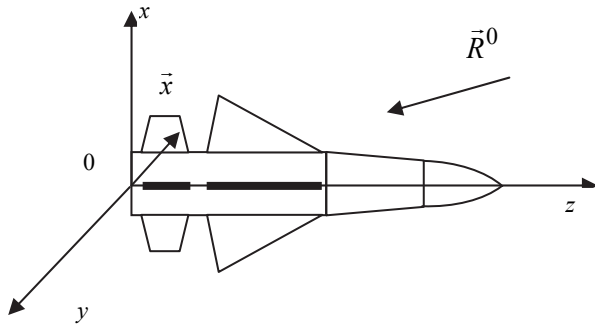


Рис. 1. Геометрія моделі ракети

Обчислення проводились з використанням методики, розробленої в університеті та описаної в [6]. Для знаходження розсіяного ракетною полем в точці прийому, що знаходиться поза розсіювачем, може бути використано інтегральне уявлення типу Стреттона-Чу:

$$\vec{H}^{pac}(\vec{x}_0) = \int_S [-(\vec{H}^\perp \times \vec{\nabla}g) + j\omega\varepsilon_0 g \vec{E}^\perp - \frac{1}{j\omega\varepsilon_0} (\vec{E}^\perp \cdot \vec{\nabla}) \vec{\nabla}g] dS, \quad (3)$$

де S – будь-яка замкнута поверхня, що охоплює розсіювач;

$\vec{E}^\perp = \vec{n} \times \vec{E}$, $\vec{H}^\perp = \vec{n} \times \vec{H}$ – щільність електричних і еквівалентних їм магнітних струмів на поверхні S ;

\vec{E} і \vec{H} – компоненти повного дифрагованого поля;

\vec{n} – внутрішня S нормаль;

$g = \frac{\exp(jk_0 r)}{4\pi r}$ – трьохмірна функція Гріна для

вільного простору;

$r = |\vec{x} - \vec{x}_0|$ – відстань між точкою спостереження і точкою на поверхні ракети;

\vec{x} і \vec{x}_0 – радіус-вектори точки на поверхні моделі ракети і точки спостереження, відповідно.

Асимптотичні вирази для розсіяного поля в дальній зоні (при $r \rightarrow \infty$), можуть бути записані як:

$$\vec{H}^{pac}(\vec{r}_0) = jk_0 \frac{\exp(jk_0 |\vec{x}_0|)}{4\pi |\vec{x}_0|} \vec{I}(\vec{r}_0) \times \vec{r}_0; \quad (4)$$

$$\vec{E}^{pac}(\vec{r}_0) = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \cdot \vec{H}^{pac}(\vec{r}_0) \times \vec{r}_0, \quad (5)$$

де $\vec{I}(\vec{r}_0)$ – інтеграл вигляду:

$$\vec{I}(\vec{r}_0) = \int_S [\vec{H}^\perp - \sqrt{\frac{\varepsilon_0}{\mu_0}} (\vec{E}^\perp \times \vec{r}_0)] \exp[-jk_0(\vec{r}_0 \cdot \vec{x}_0)] dS. \quad (6)$$

Виберемо S так, щоб вона скрізь співпадала з поверхнею об'єкту \tilde{S} .

Враховуючи, що планери ракети виконані з різних металів, тобто матеріалів, що володіють високою провідністю, з граничних умов виходить, що тангенціальна компонента вектора напруженості повного дифрагованого поля \vec{E} на поверхні S дорівнює нулю, а отже, також і $\vec{E}^\perp = 0$. Тоді вираз для $\vec{I}_S(\vec{r}_0)$ можна записати у вигляді:

$$\vec{I}_S(\vec{r}_0) = \int_S \vec{H}^\perp \exp[jk_0(\vec{r}_0 \cdot \vec{x}_0)] dS. \quad (7)$$

Сумарне розсіяне ракетною полем визначатиметься внесками таких елементів поверхні як система антени – носовий обтікач, крила, рулі, корпус ракети, а також плоске кільце, що імітує двигун ракети. Необхідно відмітити, що в носовій частині ракети знаходиться радіо прозорий обтікач під яким знаходяться антени ППР. Антенна система ППР НАРМ включає в себе ФАР низькочастотного діапазону та спіральну антену високочастотного діапазону. В даній роботі вплив носового обтікача на величину вторинного випромінювання ракети не враховувалася, а антенні системи апроксимувалися диском з втратами. Це можливо, так як при проведенні моделювання ми опромінюємо ППР в тому же частотному діапазоні, в якому працюють її антени, при цьому антени можуть бути представлені моделлю поглинаючого тіла [7–8].

Отже, поверхня інтеграції S в (7) може бути представлена у вигляді:

$$S = S_A + S_{КОРП} + S_{КР} + S_P + S_{ДВ}, \quad (8)$$

де $S_A, S_{КОРП}, S_{КР}, S_P, S_{ДВ}$ – поверхні носового обтікача, корпусу, крил, рулі, кільця, що імітує рухову установку моделі ракети, відповідно.

Виходячи з цього, $\vec{I}_S(\vec{r}_0)$ можна записати у вигляді:

$$\vec{I}_S(\vec{r}_0) = \vec{I}_A(\vec{r}_0) + \vec{I}_{КОРП}(\vec{r}_0) + \vec{I}_{КР}(\vec{r}_0) + \vec{I}_P(\vec{r}_0) + \vec{I}_{ДВ}(\vec{r}_0). \quad (9)$$

Оскільки, геометричні розміри і радіуси кривизни поверхонь ракети $S_{ОБТ}, S_{КОРП}, S_{КР}, S_P,$

$S_{ДВ}$ істотно більше, ніж довжина хвилі, внесок цих поверхонь може бути розрахований в наближенні фізичної оптики. Відмітимо, що поля, відбиті від різних частин ракети, підсумовувалися когерентно.

При розрахунках відбитого поля від ракети внесок зламів і кромок не враховувався, це пов'язано з тим, що планери ракет мають великі прямолінійні кромки на крилах та рулях, тобто діапазони кутів, на яких вони будуть вносити суттєвий вклад, дуже вузькі.

З урахуванням (2; 7) інтеграли, що входять в (9), представимо у вигляді:

$$\bar{I}_S(\bar{r}_0) = 2\sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} \int_{S_{ОСВ}} f(\bar{r}) \exp(jk_0\Omega(\bar{r})) dS, \quad (10)$$

де $f(\bar{r}) = \bar{n} \times (\bar{R}^0 \times \bar{p})$; $\Omega(\bar{r}) = (\bar{R}^0 - \bar{r}_0) \cdot \bar{x}$.

Унаслідок того, що підінтегральні функції в (9) є швидкоосцилюючі, обчислення цих інтегралів вимагає застосування спеціальних кубатурних формул [2]. Дані формули, засновані на лінійній апроксимації функцій $f(\bar{r})$ $\Omega(\bar{r})$. Кубатурні формули потребують триангуляції поверхні ракети, кусочно-плоскостної апроксимації з подальшим переходом до барицентричних координат інтегрування по окремим трикутникам. Після цього апроксимація інтеграла (10) являє собою суму інтегралів по окремим трикутникам і може бути обчислена аналітично.

В результаті розрахунків були отримані ДЗВВ ПРР AGM-88 HARM. ДЗВВ показує залежність інтенсивності розсіяного досліджуваного об'єктом поля від його кутового положення відносно суміщеної приймально-передавальної антени. Поняття ДЗВВ функціонально пов'язане з основною величиною, що характеризує властивості відбиття будь-якої радіолокаційної цілі, її ЕПР. При певних допущеннях можна сказати, що ДЗВВ цілі є залежність ЕПР об'єкту від його кутового положення відносно приймально-передавальної антени. Під ЕПР цілі σ прийнято розуміти:

$$\sigma = \lim_{R \rightarrow \infty} 4\pi R^2 \frac{|\bar{p}^{np} \bar{E}^{pac}|^2}{|\bar{p} \bar{E}^0|^2}, \quad (11)$$

де \bar{p} – орти поляризації приймальної і передавальної антен;

R – відстань від цілі до приймача;

\bar{E}^{pac} – вектор електричної напруженості поля, розсіяного об'єктом в напрямі на приймальну антену;

\bar{E}^0 – вектор електричної напруженості падаючої плоскої гармонійної ЕМХ, тієї, що розповсюджується з точки спостереження.

Математичне моделювання проводилося при наступних умовах: довжина хвилі $\lambda = 0,06\text{ м}$; кут роз-

носу передавача та приймача дорівнює 0° (моностатичний випадок). Орг напрямку на точку спостереження \bar{r}_0 переміщувався на площині YOZ через 2° , його положення в просторі визначалося кутом Θ .

На рис. 2 представлено результати математичного моделювання ДЗВВ (залежність ЕПР ракет (в дБ) від кута їх опромінення) ракети AGM-88A HARM, що отримані шляхом математичного моделювання. Сектор $270^\circ\text{--}90^\circ$ відповідає передній полусфері ракети, а сектор $90^\circ\text{--}270^\circ$ відповідає задній полусфері ПРР.

У зв'язку з тим, що ЕПР ПРР мають сильно осцилюючий вигляд. Було прийнято рішення усереднити значення в заданих інтервалах кутів. Через коливання повітряних об'єктів, що виникають при їх русі, відбите від них поле має випадкову просторово-часову структуру. З метою отримання стійких характеристик флуктуацій інтенсивності відбитого сигналу, необхідно було провести інтервальне усереднення отриманих результатів. Сектор, у якому необхідно було проводити усереднення ЕПР об'єкту, що досліджується, знаходився в діапазоні $354^\circ \leq \theta \leq 6^\circ$, тобто усереднення виконувалося в секторах кутів $\theta_0 = 12^\circ$.

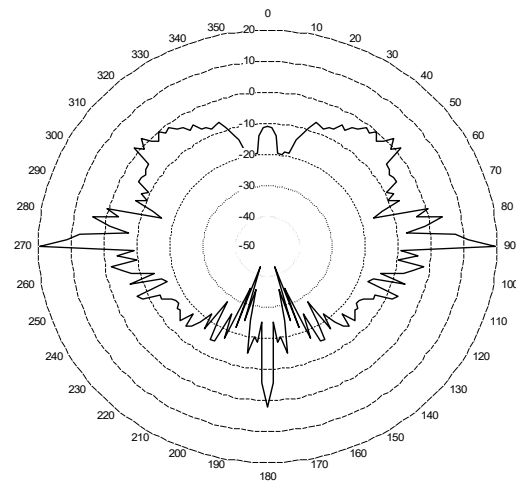


Рис. 2. ДЗВВ ПРР AGM-88 HARM

Висновки

Аналізуючи ДЗВВ ПРР AGM-88 HARM з передньої полусфери можна зробити наступні висновки:

а) при кутах θ від 0° до 18° ЕПР ПРР складає соті долі м^2 та визначається в основному носовим обтікачем та антенними системами ракети;

б) в секторі кутів $18^\circ \leq \theta \leq 78^\circ$ ЕПР визначається в основному планером ракети, та середня ЕПР ПРР складає десяті долі м^2 – до 1 м^2 ;

в) в секторі кутів $78^\circ \leq \theta \leq 102^\circ$ ЕПР ракети складає десятки м^2 , що пов'язане з тим, що зондування проводиться практично по нормалі до фюзеляжу ракети і ми маємо максимальне відбиття.

Необхідно відмітити, що РЛС, які атакуються ПРР, як правило, спостерігають їх в діапазоні кутів зондування $5^0 \leq \theta \leq 12^0$, де в ДЗВВ ПРР є суттєві “провали”, ЕПР ракети з цих ракурсів дорівнює со-

тим долям m^2 , що ускладнює їх своєчасне виявлення. Матеріали даної статті можуть бути використані фахівцями, як доповнення до матеріалів, викладених в [9–12].

Список літератури

1. Алімпієв А.М. Особливості гібридної війни РФ проти України. Досвід, що отриманий Повітряними Силами Збройних Сил України / А.М. Алімпієв, Г.В. Пєвцов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 2(27). – С. 19-25. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.03>.
2. Характеристики розсіяння моделі винищувача-бомбардувальника Су-17М3 в сантиметровому та дециметровому діапазоні довжин хвиль / І.Є. Ряполов, Я.О. Бєлевщук, В.Ю. Колотілов, М.В. Качан, І.Р. Медінець // Системи озброєння і військова техніка. – 2018. – № 1(53). – С. 42-48. <https://doi.org/10.30748/soivt.2018.53.06>.
3. Характеристики розсіяння палубного винищувача-бомбардувальника F/A-18A Hornet в сантиметровому, дециметровому та метровому діапазонах довжин хвиль / І.Є. Ряполов, Я.О. Бєлевщук, Р.В. Лященко, А.В. Поляков // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2017. – № 1(26). – С. 85-91. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.26.18>.
4. Порівняльне оцінювання зенітних ракетних комплексів методом перевірки відповідності їх тактико-технічних характеристик оперативного-тактичним вимогам / С.П. Ярош, К.В. Закутін, В.В. Воронін, В.В. Шулежко // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2015. – № 3(20). – С. 85-91.
5. Бойове застосування високоточних засобів ураження і особливості боротьби з ними / В.І. Ткаченко, С.П. Ярош, С.Б. Смірнов та ін. – Х.: ХУПС, 2016. – 272 с.
6. Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами: монография / О.И. Сухаревский, В.А. Василец, С.В. Кукобко и др.; Под ред. О.И. Сухаревского. – Х.: ХУПС, 2009. – 468 с.
7. Electromagnetic Wave Scattering by Aerial and Ground Radar Objects / S.V. Nechitaylo, V.M. Orlenko, O.I. Sukharevsky, V.A. Vasilets. – Boca Raton, USA: SRC Press Taylor & Francis Group, 2014. – 334 p.
8. Захарьев Л.Н. Рассеяние волн “черными” телами / Л.Н. Захарьев, А.А. Леманский. – М.: Советское радио, 1972. – 288 с.
9. Ширман Я.Д. Радиоэлектронные системы: Основы построения и теория. Справочник / под ред. Я.Д. Ширмана. – 2-е изд. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
10. Skolnik M.I. Radar Handbook / M.I. Skolnik. – New York: McGraw-Hill, 2008. – 1348 p.
11. Сухаревський О.І. Довідник характеристик розсіювання повітряних та наземних радіолокаційних об'єктів / О.І. Сухаревський, В.О. Василюк, С.В. Нечитайло. – Х.: ХНУПС, 2019. – 304 с., іл. + 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).
12. Сухаревський О.І. Оцінювання параметрів зон виявлення безпілотного літального апарату “Орлан-10” радіолокаційними засобами самохідного зенітного ракетного комплексу 9К33М3 “ОСА-АКМ” / О.І. Сухаревський, В.О. Василюк, І.Є. Ряполов // Наука і техніка Повітряних Сил Збройних Сил України. – 2016. – № 4(25). – С. 33-38.

References

1. Alimpiev, A.M. and Pevtsov, G.V. (2017), “Osoblivosti gibridnoi viyni RF proty Ukrainy. Dosvid, otrymanyi Povitryanymy Sylamy Zbroynyh Syl Ukrainy”. [The features of the hybrid war of the Russian federation against Ukraine. Experience received by the armed forces of the forced of Ukraine], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 2(27), pp. 19-25. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.27.03>.
2. Riapolov, I.Ye., Belevshchuk, Ya.O., Kolotilov, V.Yu., Kachan, M.V. and Medinets, I.R. (2018), “Kharakterystyky rozsiannia modeli vynyshchuvacha-bombarduvalnyka Su-17M3 v santymetrovomu ta detsymetrovomu diapazoni dovzhyn khvyl” [Radar scattering characteristics of model of destroyer-bomber Su-17M3 in SHF and UHF band], *Systems of Arms and Military Equipment*, No. 1(53), pp. 42-48. <https://doi.org/10.30748/soivt.2018.53.06>.
3. Riapolov, I.Ye., Belevshchuk, Ya.O., Liashchenko, R.V. and Poliakov, A.V. (2017), “Kharakterystyky rozsiannia palubnoho vynyshchuvacha-bombarduvalnyka F/A-18A Hornet v santymetrovomu, detsymetrovomu ta metrovomu diapazonakh dovzhyn khvyl” [Radar scattering characteristics of F/A-18A hornet seaborne fighter-bomber in SHF, UHF and VHF band], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 1(26), pp. 85-91. <https://doi.org/10.30748/nitps.2017.26.18>.
4. Yarosh, S.P., Zakutin, K.V., Voronin, V.V. and Shulezhko, V.V. (2015), “Porivnyalne ochinyvannya zenitnykh raketnykh kompleksiv metodom perevirky vidpovidnosti ikh taktyko-tekhnichnykh charakterystyk operatyvno-tekhnichnym vymogam” [Comparative estimation of anti-aircraft rocket complexes method of check of their conformity tactical and technical characteristics to operational and tactical requirements], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 3(20), pp. 85-91.
5. Tkachenko, V.I., Yarosh, S.P. and Smimov, E.B. (2016), “Boyove zastosyuvannya visokotochnykh zasobiv yrazennya i osoblyvosti boroty z nymy” [Combat use of high-precision weapons and features to combat them], KNAFU, Kharkiv, 272 p.
6. Sukharevsky, O.I., Vasilets, V.A. and Kykobko, S.V. (2009), “Rasseyanie elektromagnitnykh voln vozdukhnyimi i nazemnyimi radioelektronnyimi obektamy” [Electromagnetic wave scattering by airborne and ground-based radar objects], KNAFU, Kharkiv, 468 p.
7. Nechitaylo, S.V., Orlenko, V.M., Sukharevsky, O.I. and Vasilets, V.A. (2014), *Electromagnetic Wave Scattering by Aerial and Ground Radar Objects*, SRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton, USA, 334 p.
8. Zacharyev, L.N. and Lemansky, A.A. (1972), “Rasseyanie voln “chernymy” telamy” [Wave scattering by black bodies], Soviet radio, Moscow, 288 p.
9. Shyrman, Y.D. (2007), “Radyoelektronnye systemy: Osnovy postroyeniya y teoryya. Spravochnyk” [Radio-electronic systems: Fundamentals of construction and theory], Radio engineering, Moscow, 512 p.
10. Skolnik, M.I. (2008), *Radar Handbook*, McGraw-Hill, New York, 1348 p.
11. Sukharevsky, O.I., Vasilets, V.A., and Nechitaylo, S.V. (2019), “Dovidnik karakteristik rozsiyuvannya povitryanih ta nazemnykh radiolokacijnykh ob'ektiv” [Handbook of dispersion characteristics of air and ground radio electronic objects], KNAFU, Kharkiv, 304 p.
12. Sukharevsky, O.I., Vasilets, V.A. and Riapolov, I.Ye. (2016), “Ochinyvannya parametrov zon vyavleniya bezpilотноcho litalnocho aparaty “Orlan-10” radiolokachyynymy zasobamy samohidnoho zenitnoho raketnocho chomplekhsy 9K33M3 “OSA-AKM” [The estimation of parameters of the detection zones of the UAV “Orlan-10” radar equipments self-propelled anti-aircraft missile system 9K33M3 “OSA-AKM”], *Science and Technology of the Air Force of Ukraine*, No. 4(25), pp. 33-38.

Надійшла до редколегії 11.01.2019

Схвалено до друку 19.02.2019

Відомості про авторів**Орехов Сергій Васильович**

кандидат технічних наук доцент
доцент Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-6816-4720>

Волков Андрій Федорович

начальник кафедри
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-4529-261X>

Корсунов Сергій Іванович

старший викладач
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-5370-1375>

Лезік Олександр Віталійович

кандидат військових наук доцент старший викладач
Харківського національного університету
Повітряних Сил ім. І. Кожедуба,
Харків, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-7186-6683>

Information about the authors:**Serhii Oriekhov**

Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Senior Lecturer
of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-6816-4720>

Andrii Volkov

Head of the Department
of Ivan Kozhedub Kharkiv
National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-4529-261X>

Serhii Korsunov

Senior Instructor
of Ivan Kozhedub Kharkiv National
Air Force University
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-5370-1375>

Oleksandr Lezik

Candidate of Military Sciences Associate Professor
Senior Instructor
of Ivan Kozhedub Kharkiv National Air Force University,
Kharkiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-7186-6683>

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГРАММ ОБРАТНОГО ВТОРИЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРОТИВОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ РАКЕТ В САНТИМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

С.В. Орехов, А.Ф. Волков, С.И. Корсунов, А.В. Лезик

На основе анализа боевых возможностей средств воздушного нападения (СВН), форм и способов их боевого применения в локальных войнах и конфликтах определена проблема обеспечения эффективной и стойкой системы зенитного ракетно-артиллерийского прикрытия войск и объектов в условиях огневого влияния со стороны противника. Рассматривается методика расчета характеристик рассеивания сложных радиолокационных объектов, например, противорадиолокационных ракет. Приведены расчетные диаграммы обратного вторичного излучения ПРП АГМ-88 HARM в сантиметровом диапазоне длин волн. Проведена оценка величин эффективной поверхности рассеивания авиационных противолокационных ракет с целью доработки существующих образцов и выработки требований к перспективным средствам самообороны зенитных подразделений. Проведена интервальная оценка усредненной эффективной поверхности рассеивания ПРП при различных углах излучения.

Ключевые слова: эффективная поверхность рассеивания, диаграммы обратного вторичного излучения ПРП.

MATHEMATICAL MODELING OF THE DIAGRAMS OF REVERSE SECONDARY RADIATION OF ANTI-RADIATION ROCKETS IN A CENTIMETER WAVE RANGE

S. Oriekhov, A. Volkov, S. Korsunov, O. Lezik

With the start of active combat operations, the Air Force will solve one of the main combat missions - conquering and maintaining air superiority, part of which is the suppression and destruction of ground-based enemy air defense systems, in order to ensure the freedom of action of aviation when performing combat missions. The experience of the conflicts of recent decades has shown that the destruction of the enemy's airborne radar and air defense weapons is now a prerequisite for gaining and maintaining air superiority over the enemy. That is, under conditions that are particularly relevant and acute for anti-aircraft units that are armed with radar tools, there is the problem of providing an effective and sustainable anti-aircraft missile-artillery system for covering troops and objects under fire conditions from the enemy. One of the measures aimed at solving this problem is the inclusion in the composition of the air defense groups of effective means of fire destruction of the attack components of the enemy's high-precision weapons, in particular anti-radar missiles, in the near zone. Based on the analysis of the combat capabilities of air attack weapons (EAS), the forms and methods of their combat use in local wars and conflicts, the problem of ensuring an effective and consistent anti-aircraft missile-artillery system for protecting troops and objects under fire influence from the enemy has been identified. The method of calculating the dispersion characteristics of complex radar objects, for example, anti-radar missiles, is considered. The calculated diagrams of the inverse secondary radiation of the ARR АГМ-88 HARM in the centimeter wavelength range are given. An assessment was made of the effective surface dispersion values of anti-aircraft anti-radar missiles in order to refine existing samples and develop requirements for promising means of self-defense of anti-aircraft units. An interval estimate of the averaged effective scattering surface of the PI is made at various radiation angles.

Keywords: effective scattering surface, reverse secondary radiation diagrams of ARR.