

О.І. СУХАРЕВСЬКИЙ, В.О. ВАСИЛЕЦЬ, С.В. НЕЧИТАЙЛО

ДОВІДНИК характеристик розсіювання повітряних та наземних радіолокаційних об'єктів

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА

О. І. СУХАРЕВСЬКИЙ, В. О. ВАСИЛЕЦЬ, С. В. НЕЧИТАЙЛО

ДОВІДНИК ХАРАКТЕРИСТИК РОЗСІЮВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ТА НАЗЕМНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ

Харків 2019 УДК 621.396.96 C91

Рекомендовано до друку вченою радою Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба (протокол № 3 від 19.03.2019)

Репензент

С. П. ЛЕЩЕНКО, доктор технічних наук, професор

C91 Сухаревський О. І.

Довідник характеристик розсіювання повітряних та наземних радіолокаційних об'єктів / О.І. Сухаревський, В.О. Василень. С. В. Нечитайло. – Х.: ХНУПС, 2019. – 304 с., іл. + 1 електрон. опт. диск (CD-ROM).

ISBN 978-966-468-087-2

У довіднику наведені отримані на основі оригінальних розрахункових методів радіолокаційні характеристики 46 повітряних та наземних радіолокаційних об'єктів.

наукових співробітників, які спеціалізуються в галузі розсіяння Для електромагнітних хвиль радіолокаційними об'єктами, та інженерів, які займаються розробкою алгоритмів виявлення і розпізнавання повітряних і наземних цілей.

Oleg I. Sukharevsky, Vitaliy A. Vasilets, Sergey V. Nechitaylo, HANDBOOK: SCATTERING CHARACTERISTICS OF AERIAL AND **GROUND RADAR OBJECTS**

In this handbook, the scattering characteristics for 46 aerial and ground radar objects have been obtained using original calculation methods.

This book will be suited for the scientists who specialize in area of electromagnetic wave scattering by radar objects and for engineers who work with radar detection and recognition algorithms for aerial and ground radar targets.

УДК 621.396.96

© Сухаревський О. І., Василець В. О., Нечитайло С. В., 2019 © Харківський національний ISBN 978-966-468-087-2 університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2019

3MICT

Список	скорочень	6
Вступ		7
1. Стис	лий опис методів розрахунку характеристик розсіювання	
повітря	них і наземних об'єктів	9
2. Xapa	ктеристики розсіювання повітряних об'єктів	19
2.1.	Радіолокаційні характеристики фронтового винищувача	21
2.2		21
2.2.	Гадюлокаційні характеристики багатоцільового винищувача	27
23		21
2.3.	гадюлокаційні характеристики багатоцільового винищувача См. 57	33
2.4		55
2.4.	гадюлокаційні характеристики багатоцільового винищувача Е 16	20
2.5		39 45
2.5.	Гадіолокаційні характеристики напубного ришинирана	45
2.0.	Гадюлокаційні характеристики палуоного винищувача-	51
27	Оомоардувальника Г/А-18	51
2.1.	гадіолокаційні характеристики ударного тактичного	57
2.0		57
2.8.	Радіолокаціині характеристики оагатоцільового винищувача	(2)
2.0	EF-2000 Typhoon	63
2.9.	Радіолокаціині характеристики штурмовика Су-25	69
2.10.	Радіолокаціині характеристики штурмовика А-10	
0.11	I hunderbolt II	75
2.11.	Радіолокаціині характеристики фронтового бомбардувальника	0.1
0.10	Cy-24	81
2.12.	Радіолокаціині характеристики дальнього бомбардувальника	07
0.10	1y-22M3	87
2.13.	Радіолокаційні характеристики стратегічного	•••
0.1.4	оомбардувальника Ту-95	93
2.14.	Радіолокаційні характеристики стратегічного	
	бомбардувальника Ту-160	99
2.15.	Радіолокаційні характеристики фронтового бомбардувальника	
	Cy-34	105
2.16.	Радіолокаційні характеристики стратегічного	
	бомбардувальника В-2	111
2.17.	Радіолокаційні характеристики стратегічного	
	бомбардувальника В-52	117
2.18.	Радіолокаційні характеристики стратегічного	
	бомбардувальника В-1В	123

	2.19.	Радіолокаційні характеристики літака дальнього	
		радіолокаційного виявлення А-50	129
	2.20.	Радіолокаційні характеристики літака дальнього	
		радіолокаційного виявлення Е-ЗА	135
	2.21.	Радіолокаційні характеристики літака дальнього	
		радіолокаційного виявлення Е-2С	141
	2.22.	Радіолокаційні характеристики багатоцільового транспортного	
		літака Ан-26	147
	2.23.	Радіолокаційні характеристики військово-транспортного	
		літака Іл-76	153
	2.24.	Радіолокаційні характеристики багатоцільового гелікоптера	
		Mi-8	159
	2.25.	Радіолокаційні характеристики багатоцільового ударного	
		гелікоптера Мі-24	165
	2.26.	Радіолокаційні характеристики тактичного розвідувального	
		безпілотного літального апарату Ту-143 "Рейс"	171
	2.27.	Радіолокаційні характеристики багатоцільового безпілотного	
		літального апарату "Орлан-10"	177
	2.28.	Радіолокаційні характеристики дальнього розвідувального	
		безпілотного літального апарату RQ-1 "Predator"	183
	2.29.	Радіолокаційні характеристики висотного розвідувального	
		безпілотного літального апарату RQ-4 "Global Hawk"	189
	2.30.	Радіолокаційні характеристики середнього тактичного	
		розвідувального безпілотного літального апарату RQ-7	
		"Shadow"	195
	2.31.	Радіолокаційні характеристики стратегічної крилатої ракети	
		X-555	201
	2.32.	Радіолокаційні характеристики стратегічної крилатої ракети	
		X-101	207
	2.33.	Радіолокаційні характеристики протикорабельної крилатої	
		ракети П-800 "Яхонт"	213
	2.34.	Радіолокаційні характеристики високоточної крилатої ракети	
		3М 14Е "Калібр"	219
	2.35.	Радіолокаційні характеристики високоточної крилатої ракети	
		3М-54Е "Калібр"	225
	2.36.	Радіолокаційні характеристики крилатої ракети AGM-86C	
		CALCM	231
3.	Харан	стеристики розсіювання наземних об'єктів	237
	3.1.	Особливості впливу підстилаючої поверхні на рівень	
		вторинного випромінювання наземного об'єкта	237
	3.2.	Радіолокаційні характеристики основного бойового танка Т-90	239

3.3.	Радіолокаційні характеристики основного бойового танка	
	Leopard-2	245
3.4.	Радіолокаційні характеристики основного бойового танка	
	M1 Abrams	251
3.5.	Радіолокаційні характеристики станції виявлення цілей	
	9C18M1	257
3.6.	Радіолокаційні характеристики самохідної вогневої установки	
	9A310M1	263
3.7.	Радіолокаційні характеристики пускової установки 5П85Д	269
3.8.	Радіолокаційні характеристики пускової установки 5П85С	275
3.9.	Радіолокаційні характеристики радіолокатору підсвіту та	
	наведення 30Н6	281
3.10.	Радіолокаційні характеристики зенітної самохідної установки	
	2С6 зенітного гарматно-ракетного комплексу 2К22 "Тунгуска"	287
3.11.	Радіолокаційні характеристики самохідної пускової установки	
	9П78-1 ракетного комплексу "Іскандер-М"	293
Література		

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

- БПЛА безпілотний літальний апарат
- ДРЛВ дальнє радіолокаційне виявлення
- ЕПР ефективна поверхня розсіювання
- ЗРК зенітний ракетний комплекс
- ЗСУ зенітна самохідна установка
- КР крилата ракета
- НЕПР некогерентна ефективна поверхня розсіювання
- ПБУ пункт бойового управління
- ПУ пускова установка
- РЛС радіолокаційна станція
- РЛХ радіолокаційні характеристики
- РПМ радіопоглинаючий матеріал
- РПН радіолокатор підсвіту і наведення
- РПП радіопоглинаюче покриття
- СВУ самохідна вогнева установка
- СВЦ станція виявлення цілей
- СПУ самохідна пускова установка

ВСТУП

Вирішення задач виявлення та розпізнавання об'єктів у сучасній радіолокації потребує апріорної інформації про їх радіолокаційні характеристики з урахуванням – в комплексі – таких ускладнюючих факторів, як вплив підстилаючої поверхні, нерегулярності граничної поверхні об'єкту, наявність радіопоглинаючих покрить (РПП) або композитних елементів конструкції.

Оскільки проведення достатньо точних та статистично інформативних експериментальних досліджень розсіюючих властивостей радіолокаційних цілей є дуже складною та дорогою справою, особливу актуальність набуває розробка теоретичних обґрунтувань та розрахункових методів для математичного моделювання повітряних та наземних об'єктів з урахуванням перелічених вище ускладнюючих факторів.

Відмітимо також, що математичне моделювання розсіюючих властивостей радіолокаційних об'єктів є актуальним при аналізі ефективності розпізнавання цілей у перспективних радіолокаційних системах. Такий аналіз проводиться для визначення оптимального складу, розміщення на місцевості та параметрів радіолокаційних станцій, що будуть входити до таких перспективних систем.

Пройшло п'ять років з часу виходу у США монографії "The Electromagnetic Wave Scattering by Aerial and Ground Radar Objects" [1], що була написана групою авторів з Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба. У монографії викладено низку узагальнень ключових положень класичної електродинаміки та розроблені авторами на їх основі методи розрахунку характеристик розсіювання електромагнітних хвиль радіолокаційними об'єктами. Там же, в третій главі, що має довідниковий характер, приведено велику кількість фактичного розрахункового матеріалу: кругові діаграми вторинного зворотного випромінювання, середні та медіанні значення ефективної поверхні розсіювання (ЕПР) об'єктів, закони розподілу амплітудних множників розсіювання для різних параметрів опромінюючого сигналу та типів підстилаючої поверхні (для наземних об'єктів).

Після опублікування цієї монографії автори продовжили роботу по удосконаленню розрахункових методів і збільшенню об'єму фактичних даних щодо радіолокаційних об'єктів.

Зокрема, був вдосконалений метод розрахунку характеристик розсіювання об'єктів в напрямку врахування перевідбить між окремими ділянками поверхні [2]. При цьому ділянки поверхні об'єкту можуть бути як ідеально провідними, так і вкритими радіопоглинаючими матеріалами (РПМ).

Таке врахування виявляється дуже суттєвим, якщо об'єкт містить "кутові відбивачі", тобто взаємоортогональні плоскі ділянки поверхні, які у сукупності є ширококутовими відбивачами [3]. При цьому, якщо існує "тригранний кутовий відбивач" (тобто три плоских взаємоортогональних ділянки), то після трикратного відбиття формується пучок променів, який розповсюджується у зворотному до опромінення напрямку. На відміну від "двогранного кутового

відбивача" (широка індикатриса розсіювання в одній площині) "тригранний кутовий відбивач" має широку моностатичну індикатрису розсіювання в обох ортогональних площинах [3].

Відмітимо, що наявність кутових відбивачів на поверхні об'єкту може суттєво збільшити його ЕПР. Однак, якщо відхилення від ортогональності між плоскими ділянками поверхні, що утворюють кутовий відбивач, сягає величини 1...2°, то перевідбиттями між такими ділянками можна знехтувати.

Також в довіднику застосовуються розроблені авторами методи [4, 5], які дозволяють розраховувати вторинне випромінювання комбінованих об'єктів – об'єктів, що мають металеві та композитні елементи під радіопрозорими (діелектричними) оболонками. Ці методи дозволили оцінити вторинне випромінювання таких складних (в електродинамічному відношенні) об'єктів, як безпілотні літальні апарати (БПЛА).

Розрахункові методи, що розроблені авторами та використані при отриманні характеристик розсіювання радіолокаційних об'єктів, були верифіковані [1, 9, 59]. Верифікація методів базувалась на порівнянні результатів розрахунків з даними фізичних експериментів та розрахунковими значеннями, отриманими для деяких окремих випадків за допомогою пакета програм FEKO [60]. В обох випадках порівняння показало цілком задовільний збіг.

Довідник містить фактичні дані по 36 повітряним об'єктам (винищувачі, штурмовики, бомбардувальники, літаки дальнього радіолокаційного виявлення, транспортні літаки, гелікоптери, БПЛА, крилаті ракети) та 10 наземним об'єктам, серед яких є зенітні ракетні комплекси і танки. Автори дякують Я.О. Белевщуку за створення більшості моделей поверхні наземних об'єктів.

Довідник містить електронний додаток з даними радіолокаційних характеристик розглянутих радіолокаційних об'єктів. Автори дякують С.В. Новіченку за допомогу в створенні електронного додатка до довідника.

Автори висловлюють щиру вдячність рецензенту Сергію Петровичу Лещенку. Його поради та цінні зауваження сприяли поліпшенню змісту довідника.

1. СТИСЛИЙ ОПИС МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ ХАРАКТЕРИСТИК РОЗСІЮВАННЯ ПОВІТРЯНИХ І НАЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ

Розрахунки, що наведені в довіднику, базуються на розроблених авторами методах оцінювання характеристик розсіювання повітряних та наземних об'єктів складної форми (взагалі, з неідеально відбиваючою поверхнею). Це, перш за все, метод розрахунку інтегралів Кірхгофівського типу, що виникають при оцінюванні внеску глалких лілянок поверхні (можливо. 3 радіопоглинаючим покриттям) у загальне розсіяне поле. При цьому, оцінювання внесків гладких ділянок поверхні об'єкту проводиться з урахуванням перевідбить між окремими ділянками. По-друге, це метод розрахунку внеску зламів поверхні (можливо, теж з радіопоглинаючим покриттям) у загальне розсіяне поле. Слід зауважити, що для наземних об'єктів запропонований метод враховує електродинамічну взаємодію як між гладкими ділянками поверхні об'єкта та землею, так і між ділянками поверхні об'єкту кромочного типу і підстилаючою поверхнею. Необхідно також відзначити, що запропонований метод дозволяє розраховувати ЕПР об'єкта, цілком виконаного з діелектричних або композитних матеріалів [1].

Відзначимо, що при чисельних розрахунках ЕПР за запропонованими методами основний час витрачається на розрахунок поля, яке відбите від гладких ділянок поверхні. У зв'язку з цим необхідність усереднення значень у частотному діапазоні з метою отримання стійких оцінок ЕПР потребує значного збільшення часу розрахунку. Одним з факторів, що роблять ЕПР швидкоосцилюючою функцією частоти і ракурсу зондування, є залежність від цих параметрів різниці фаз, з якими складаються відгуки від різних ділянок поверхні об'єкту. Для зниження впливу цього фактору пропонується для стійкої оцінки ЕПР використовувати суму ЕПР окремих ділянок поверхні об'єкту, що досліджується. Оскільки дана сума у розрахунку не враховує фазових набігів від різних ділянок, така оцінка ЕПР нижче буде називатися "некогерентною" ЕПР (НЕПР). Значення НЕПР є гарною та достатньо стійкою оцінкою ЕПР у визначеному діапазоні зондуючих частот та ракурсів опромінення цілі.

Крім того, застосовуються розроблені авторами методи розсіювання електродинамічних хвиль на бортових антенних пристроях, які закриті носовими діелектричними обтічниками [1].

Оцінювання характеристик розсіювання об'єктів засновано на роздільному оцінюванні внесків гладкої і кромочної частин поверхні об'єкта в загальне розсіяне поле. Поле (проекція на напрямок \vec{p}), розсіяне гладкою частиною S_1

(рис. 1.1) поверхні об'єкта в напрямку \vec{r}^0 , може бути представлене у вигляді

$$\vec{p} \cdot \vec{E}_{S_1} = -jk_0 \frac{\exp(jk_0R)}{4\pi R} \int_{S_1} \left(\sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} \left(\vec{p} \cdot \vec{H}_\perp \right) + \left(\vec{p} \times \vec{r}^0 \right) \cdot \vec{E}_\perp \right) \exp\left(-jk_0 \left(\vec{r}^0 \cdot \vec{x} \right) \right) ds \quad (1)$$

Тут *R* – відстань від об'єкта до точки спостереження, $\vec{E}_{\perp} = \vec{n} \times \vec{E}$, $\vec{H}_{\perp} = \vec{n} \times \vec{H}$, (\vec{E}, \vec{H}) – повне поле, \vec{n} – орт зовнішньої нормалі до поверхні *S*₁ в точках \vec{x} ,

 k_0 – хвильове число у вільному просторі. Зауважимо, що скрізь у довіднику передбачалась часова залежність виду $\exp(-j\omega t)$. У локаційному випадку, зазвичай, гладкі ділянки поверхні об'єкта мають великі електричні розміри і малі кривизни. Тому у наближенні фізичної оптики повернені на 90 градусів у дотичній площині тангенціальні складові поля $\vec{E}_{\perp}(\vec{x}), \vec{H}_{\perp}(\vec{x})$ в (1) можуть бути замінені відповідними значеннями $\vec{\mathcal{E}}_{\perp}(\vec{x}), \vec{\mathcal{A}}_{\perp}(\vec{x})$ на плоскій поверхні, яка є дотичною до поверхні S_1 в точці \vec{x} . При цьому для ідеально провідних ділянок поверхні об'єкта, вкритих шаром радіопоглинаючого матеріалу (РПМ), дотична поверхня, являє собою плоскопаралельний шар РПМ, розташований на ідеально провідній підложці (рис. 1.2, *a*). У точках \vec{x} поверхні, що обмежує частини об'єкта, які цілком виконані з композиційного матеріалу, підбудовуються напівпростори з електродинамічними характеристиками даного матеріалу. Таким чином, наприклад, було розраховано вторинне випромінювання літака B-2.



Рис. 1.1. Модель об'єкта у вільному просторі

Рішення першої задачі для довільної поляризації падаючої хвилі було отримано в [6]. Не вдаючись в подробиці, зазначимо лише отриманий вираз для відбитого шаром поля

$$\begin{pmatrix} \vec{\boldsymbol{z}}(x) \\ \vec{\boldsymbol{z}}(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \vec{p}^{0} \\ \left(\vec{R}^{0} \times \vec{p}^{0} \right) \sqrt{\frac{\varepsilon_{0}}{\mu_{0}}} \end{pmatrix} \exp\left(ik_{0} \left(\vec{R}^{0} \cdot \vec{x} \right) \right) + \begin{pmatrix} \vec{p}^{1} \\ \left(\vec{R}^{1} \times \vec{p}^{0} \right) \sqrt{\frac{\varepsilon_{0}}{\mu_{0}}} \end{pmatrix} \exp\left(ik_{0} \left(\vec{R}^{1} \cdot \vec{x} \right) \right), \quad (2)$$

$$\vec{p}^{1} = \vec{p}_{T}^{1} - \vec{n} \frac{\left(\vec{p}_{T}^{1} \cdot \vec{R}^{0}\right)}{\cos\theta},$$
(3)

$$\vec{p}_T^1 = \frac{ic\cos\theta + 1}{ic\cos\theta - 1}\vec{p}_T^0 - \frac{2ic}{ic\cos\theta - 1} \left[\vec{R}_T^0 \frac{\left(\vec{R}_T^0 \cdot \vec{p}^0\right)}{ic - \cos\theta} + \vec{R}_\perp^0 \frac{\left(\vec{R}_\perp^0 \cdot \vec{p}^0\right)}{\epsilon_1' \mu_1' \left(ic - \frac{\cos^2\theta_1}{\cos\theta}\right)} \right], \quad (4)$$

$$\exists e \quad \vec{R}^{1} = \vec{R}^{0} - 2\vec{n} \cdot \left(\vec{R}^{0} \cdot \vec{n}\right), \quad \vec{R}_{T}^{0} = \vec{R}^{0} - \vec{n} \left(\vec{R}^{0} \cdot \vec{n}\right), \qquad c = \sqrt{\frac{\mu_{1}}{\epsilon_{1}}} \cos \theta_{1} \, \mathrm{tg}(k_{1} \, \delta \cos \theta_{1}) \,,$$

 $\vec{R}_{\perp}^{0} = \left(\vec{n} \times \vec{R}^{0}\right), \ \cos^{2} \theta_{1} = 1 - \frac{\sin^{2} \theta}{\varepsilon_{1}' \mu_{1}'}, \ \left(\varepsilon_{1}', \mu_{1}'\right) -$ відносні діелектрична та магнітна

проникності матеріалу поглинача, θ – кут падіння хвилі на шар.

Відзначимо, що отримані вирази (2) – (4) вже придатні для розрахунку розсіяного поля за допомогою (1) при будь-якій поляризації падаючої хвилі і будь-яких напрямках опромінення (крім близьких до дотичних). Зокрема, для кутів θ , близьких до нуля, отриманий вираз (3) комплексного векторного коефіцієнта відбиття \vec{p}^1 не містить невизначеності і при $\theta = 0$ формули (3), (4) переходять у добре відомі формули [7] для нормального падіння.

Якщо товщину шару з матеріалу поглинача прийняти $\delta \rightarrow \infty$, то модельну задачу можна розглядати як відбиття падаючої плоскої хвилі від півпростору з матеріалу поглинача (рис. 1.2, δ). В цьому випадку

$$\vec{p}_T^1 = \frac{c\cos\theta - 1}{c\cos\theta + 1}\vec{p}_T^0 + \frac{2c}{c\cos\theta + 1} \left[\vec{R}_T^0 \frac{\left(\vec{R}_T^0 \cdot \vec{p}^0\right)}{c + \cos\theta} + \vec{R}_\perp^0 \frac{\left(\vec{R}_\perp^0 \cdot \vec{p}^0\right)}{\varepsilon_1' \mu_1' \left(c + \frac{\cos^2\theta_1}{\cos\theta}\right)} \right], \quad (5)$$

$$\text{de } c = \sqrt{\frac{\mu_1'}{\varepsilon_1'} \cos\theta_1} .$$

Використовуючи вираз (5) можна розрахувати поле, розсіяне об'єктом або його частиною, повністю виконаною з діелектричного чи композитного матеріалу.



Рис. 1.2. Модельні задачі відбиття від гладкої частини поверхні об'єкта

У наближенні фізичної оптики поле на "неосвітленій" поверхні об'єкта тотожно дорівнює нулю. Тому, замінивши поверхню S_1 її освітленою частиною S'_1 і, підставивши отримані вирази для поля (2) в (1), одержимо наближений вираз для розсіяного поля:

$$\vec{p} \cdot \vec{E}^{p} \left(R \, \vec{r}^{\,0} \right) \approx -jk_{0} \, \frac{\exp\left(jk_{0}R\right)}{4\pi \, R} \int_{S_{1}^{'}} f\left(\vec{x}\right) \exp\left(ik_{0}\Omega\left(\vec{x}\right)\right) dS \,, \tag{6}$$

де $f(\vec{x}) = \vec{h}(\vec{x}) \cdot \vec{p} + \vec{e}(\vec{x}) \cdot (\vec{p} \times \vec{r}^0), \quad \vec{e}(\vec{x}) = \vec{n} \times (\vec{p}^0 + \vec{p}^1), \quad \Omega(\vec{x}) = (\vec{R}^0 - \vec{r}^0) \cdot \vec{x},$ $\vec{h}(\vec{x}) = \vec{n} \times [(\vec{R}^0 \times \vec{p}^0) + (\vec{R}^1 \times \vec{p}^1)], \quad \vec{p}^1$ – комплексний вектор напруженості поля,

 $h(\vec{x}) = \vec{n} \times [[R^0 \times \vec{p}^0] + [R^1 \times \vec{p}^1]]$, \vec{p}^1 – комплексний вектор напруженості поля, відбитого плоскою поверхнею, дотичною до поверхні S_1 в точці \vec{x} , може бути отриманий за допомогою виразів, наведених у [1]. Оскільки підінтегральна функція у (6) є швидкоосцилюючою, зазначений інтеграл розраховувався за допомогою спеціальних кубатурних формул. При цьому була проведена тріангуляція поверхні об'єкту – область S'_1 була покрита системою трикутників, а інтеграл (6) представлений у вигляді суми інтегралів по цих трикутниках. Після лінійної інтерполяції функцій $f(\vec{x}), \Omega(\vec{x})$ інтеграли по трикутниках можна отримати явно в барицентричних координатах [1].

Вираз для поля, розсіяного кромочними локальними ділянками, можна представити у вигляді

$$\vec{p} \cdot \vec{E}_{S_0} = -jk_0 \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \frac{\exp(jk_0R)}{4\pi R} (\vec{p} \cdot \vec{I}_{S_0}(\vec{r}^0)),$$

$$\vec{I}_{S_0}(\vec{r}^0) = \int_{S_0} \left[\vec{H}_{\perp} - \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} (\vec{E}_{\perp} \times \vec{r}^0) \right] \exp\left(-jk_0 (\vec{r}^0 \cdot \vec{x})\right) ds.$$
(7)

В якості поверхні інтегрування S_0 обрана тороїдальна поверхня, що охоплює кромку (рис. 1.1). Поле, розсіяне кромочними ділянками поверхні, розраховується з використанням рішення модельної задачі про дифракцію похило падаючої плоскої монохроматичної хвилі на ідеально провідний клин з радіопоглинаючим циліндром на ребрі [8]. Також отриманий вираз, що дозволяє обчислити поле, розсіяне прямолінійними кромочними локальними ділянками розсіювання з РПМ на ребрі в загальному випадку бістатичного прийому [9].

Інтеграл $\vec{I}_{S_0}(\vec{r}^{\,0})$ може бути записаний у вигляді [1]:

$$\vec{I}_{S_0}(\vec{r}_0) = \int_L \exp\left[jk_0 \left(\vec{R}^0 - \vec{r}^0\right) \vec{x}(l)\right] \vec{M}\left(l, \vec{r}^0\right) \ dl,\tag{8}$$

де

$$\vec{M}(l,\vec{r}^{\,0}) = \int_{S_0'} \exp\left[-jk_0\left(\vec{r}^{\,0}\,\vec{\xi}\right)\right] \vec{G}(\vec{\xi}) \, dq$$

 $\vec{x}(l)$ – радіус-вектор точки *P* з координатою *l* на лінії кромки *L*, S'_0 – крива (частина окружності) на поверхні S_0 , що належить площині ортогональній до *L*, $\vec{G}(\vec{\xi})$ – векторна функція, що містить тангенціальні складові поля (\vec{E}, \vec{H}) на поверхні поглинаючого тора у розглянутому перерізі, $dq = \rho_0 d\phi$ – елемент дуги кривої S'_0 .

Оцінюючи інтеграл (8) методом стаціонарної фази, ми можемо показати, що для лінії кромки у вигляді випуклої гладкої кривої існує, принаймні, дві точки стаціонарної фази (за винятком деякого спеціального випадку, тобто для тіла обертання з кромками – це випадок осьового зондування і суміщеного прийому). У цьому "спеціальному" випадку ми можемо обчислити $\vec{I}_{S_0}(\vec{r}^0)$ за допомогою чисельного інтегрування. В інших випадках метод стаціонарної фази для (8) дає

$$\vec{I}_{S_0}(\vec{r}^{\,0}) \sim \sum_{(l_0)} \exp\left[jk_0(\vec{R}^{\,0} - \vec{r}^{\,0}) \cdot \vec{x}(l_0) + j\beta\frac{\pi}{4}\right] \cdot \vec{M}(l_0, \vec{r}^{\,0}) \sqrt{\frac{2\pi}{k_0 \, \mathfrak{a}(l_0) \mid (\vec{R}^{\,0} - \vec{r}^{\,0}) \cdot \vec{v}(l_0) \mid}}$$
(9)

де $\mathfrak{x}(l_0)$, $\vec{v}(l_0)$ – кривизна та орт головної нормалі до лінії L в точці P_0 з дуговою координатою l_0 , $\beta = \operatorname{sgn}\left[\left(\vec{R}^0 - \vec{r}^0\right) \cdot \vec{v}(l_0)\right]$, символ (l_0) під знаком суми показує, що підсумовування має відбуватися тільки за "видимими" точками стаціонарної фази (щодо напрямків опромінення і прийому) [1].

З огляду на великі електричні розміри розсіювача і малі кривизни гладких частин його поверхні, тангенціальні складові поля (\vec{E}, \vec{H}) на лінії S'_0 відповідними величинами кругового апроксимуються на поверхні поглинаючого циліндра, що покриває ребро дотичного в точці Ро ідеально провідного клину ($\rho = \rho_0$). Таким чином, головною у формулі (9) є задача про похиле падіння плоскої електромагнітної хвилі на ідеально провідний клин з радіопоглинаючим циліндром на ребрі. Основна складність полягає в тому, що ця задача є принципово тривимірною. Її рішення не може бути представлено у вигляді суперпозиції двох незалежних двовимірних задач, як в задачі про похиле падіння плоскої хвилі на ідеально провідний клин і в задачі про нормальне (до ребра) падіння плоскої хвилі на розглянуту структуру. Однак можна показати, що задача зводиться до системи двох двовимірних задач, рішення яких пов'язані граничними умовами (за допомогою деякого матричнодиференціального оператора) [8, 9].

Якщо, так само як і у [10] представити третю компоненту повного поля у всіх областях кусочно однорідного середовища у вигляді $E_3 = u(x_1, x_2) \exp(jk_0 x_3 R_3^0), H_3 = v(x_1, x_2) \exp(jk_0 x_3 R_3^0), (R_3^0 -$ третя компонента орта напрямку опромінення клину плоскою хвилею), та ввести вектор $\vec{w} = \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix}$, то вектор \vec{w} представляється у вигляді рядів Фур'є-Бесселя з

(2×2) матричними коефіцієнтами. Наприклад, поза поглинаючого циліндра

$$\vec{w} = \sum_{m=0}^{\infty} \left[B_m J_{\nu_m}(\chi_0 r) + C_m H_{\nu_m}^{(1)}(\chi_0 r) \right] \vec{f}_m(\phi), \tag{10}$$

де $J_{v_m}(z)$ – функція Бесселя, $H_{v_m}^{(1)}(z)$ – функція Ганкеля,

$$\vec{f}_m(\boldsymbol{\varphi}) = \begin{pmatrix} \sin(v_m \boldsymbol{\varphi}) \\ \cos(v_m \boldsymbol{\varphi}) \end{pmatrix}, \quad \chi_0 = k_0 \sqrt{1 - (R_3^0)^2}, \quad v_m = m/\tau(l),$$

 $\pi\tau(l)$ – кут розкриву клину $(0 \le \phi \le \pi\tau(l))$. Матричні коефіцієнти B_m, C_m визначені з граничних умов для функцій u, v та їх похідних на поверхні поглинаючого циліндру. Ряди типу (10) добре збігаються для малих значень r $(r \le \rho_0)$ [9].

Для розрахунків вторинного випромінювання об'єкта, що знаходиться поблизу поверхні землі, необхідно враховувати взаємний вплив цих об'єктів між собою, тобто варто розглядати систему "об'єкт – півпростір з параметрами землі" (рис. 1.3) з обліком того, що поверхня *S* опромінюється, по-перше, плоскою хвилею, що поширюється в напрямку \vec{R}^0 і, по-друге, перевідбитою площиною *D* хвилею, що поширюється в напрямку \vec{R}^1 (рис. 1.4). Тому на поверхні об'єкта локалізуються дві взаємо-пересічні (у загальному випадку) області Q_0 і Q_1 (рис. 1.5). Вираз для поля, розсіяного в напрямку – \vec{R}^0 може бути представлений у вигляді

$$\vec{p} \cdot \vec{E}(\vec{R}^{0}) = -jk_{0}\Omega(k_{0}r) \times \\ \times \int_{S} \left[\sqrt{\frac{\mu_{0}}{\epsilon_{0}}} \left[\vec{p}^{0} \exp\left(jk_{0}(\vec{R}^{0} \cdot \vec{x})\right) + \vec{p}^{1} \exp\left(jk_{0}((\vec{R}^{0} - \vec{R}^{1}) \cdot \vec{c} + \vec{R}^{1} \cdot \vec{x})\right) \right] \vec{H}_{\perp}(\vec{x}) + \\ + \left[\vec{p}^{0\perp} \exp\left(jk_{0}(\vec{R}^{0} \cdot \vec{x})\right) + \vec{p}^{1\perp} \exp\left(jk_{0}((\vec{R}^{0} - \vec{R}^{1}) \cdot \vec{c} + \vec{R}^{1} \cdot \vec{x})\right) \right] \vec{E}_{\perp}(\vec{x}) \right] ds .$$
(11)

 $\vec{c} = \vec{x} - \frac{(\vec{x} \cdot \vec{n}) + h}{(\vec{R}^1 \cdot \vec{n})} \vec{R}^1$, \vec{n} – нормаль до поверхні *D*, *h* – відстань від центра сис-

теми координат, зв'язаної з об'єктом, до поверхні D (рис. 1.4), $\vec{p}^{0\perp} = \vec{R}^0 \times \vec{p}^0$, $\vec{p}^{1\perp} = \vec{R}^1 \times \vec{p}^1$, \vec{p}^1 – вектор напруженості поля, перевідбитого поверхнею D у напрямку \vec{R}^1 , що розраховується за допомогою виразів, наведених у [1]. M – точка на поверхні об'єкта з радіус-вектором \vec{x} . Тут $\vec{E}_{\perp}(\vec{x}), \vec{H}_{\perp}(\vec{x})$ – еквівалентні електричні та магнітні струми на поверхні S об'єкту. У наближенні фізичної оптики розрахунок зводиться до обчислення чотирьох інтегралів виду (6). Ці інтеграли можуть бути інтерпретовані як вклади від "чотирьохпроменевого" опромінення (рис. 1.3). Застосувавши кубатурну формулу до швидкоосцилюючих інтегралів, що входять у (11), можна розрахувати поле, розсіяне гладкою частиною поверхні розглянутого об'єкта.

При розрахунку поля, розсіяного локальними ділянками кромочного типу наземного об'єкта, як поверхні інтегрування розглядаються: W_0 – сукупність тороїдальних поверхонь, що охоплюють кромки, "освітлені " при опроміненні в напрямку \vec{R}^0 , W_1 – сукупність тороїдальних поверхонь, що охоплюють кромки, "освітлені " хвилею, відбитою від поверхні D (рис. 1.6).

Отримані кінцеві вирази дозволяють врахувати внесок кромочних локальних ділянок розсіювання (у загальному випадку, покритих РПМ) у поле, розсіяне наземним об'єктом.



Рис. 1.3. Головні шляхи розповсюдження електромагнітних хвиль при зондуванні наземного об'єкту



Рис. 1.4. Відбиття падаючої хвилі від підстилаючої поверхні



Розрахунок характеристик розсіювання об'єкту передбачає попередню побудову геометричної моделі його поверхні. Гладкі частини поверхні об'єкту апроксимуються ділянками тривісних еліпсоїдів. При розрахунку характеристик розсіювання для цих ділянок проводиться тріангуляція (покриття поверхні системою трикутних фацет), які приймають участь у процесі обчислень. Злами поверхні задаються ділянками еліпсів або прямолінійними відрізками. При цьому враховується кут розхилу підбудованого дотичним чином (в кожній точці зламу) клину. Метод побудови поверхні об'єкту викладено в [1].

Метод розрахунку характеристик розсіювання повітряних та наземних об'єктів враховує перевідбиття між гладкими ділянками поверхні об'єкта. Для цього гладкі частини поверхні об'єктів розбиваються на трикутні фацети. Для кожної *i*-ої фацети k-ого елемента поверхні об'єкта знаходиться нормаль \vec{n} i напрямок дзеркального відбиття \vec{R}^1 , відповідний напрямку \vec{R}^0 падаючої на фацету плоскої хвилі. З кожної вершини і-ої фацети проводяться промені з ортом \vec{R}^1 з метою пошуку перетину променів перевідбиття з іншими ділянками поверхні об'єкту. Якщо відбувається перетин всіх трьох променів з одним елементом поверхні, на цьому *т*-му елементі формується *j*-та фацета з вершинами в точках перетину поверхні *m*-ого елементу і трьох променів з ортом \vec{R}^1 , проведених з вершин *i*-ої фацети. В якості додаткового падаючого поля, що приходить з напряму \vec{R}^1 , для *j*-ої фацети береться перевідбита плоска хвиля з, взагалі кажучи, комплексним вектором поляризації \vec{p}^1 , отриманим за допомогою наближення Кірхгофа для і-ої фацети. Також додаткове поле, що падає на *j*-у фацету, має додатковий набіг фази, пов'язаний з перевідбиттям від *i*-ої фацети. Додатковий набіг фази визначається аналогічно з ситуацією набігу фази при визначенні поля, що падає на наземний об'єкт при перевідбитті електромагнітної хвилі від підстилаючої поверхні [1, 2]. Поле, розсіяне *j*-ою фацетою в напрямку прийому \vec{r}^0 , з урахуванням додаткової падаючої хвилі з напрямку \vec{R}^1 розраховується за допомогою наближення фізичної оптики.

Алгоритм подальшого перевідбиття може бути повторений з метою врахування багаторазових перевідбить. Реалізація запропонованого методу дозволяє враховувати багаторазові (зокрема, дворазові) перевідбиття між елементами поверхні об'єкту. Це дає можливість оцінити вторинне випромінювання таких об'єктів, як тригранний кутовий відбивач.

Бортові РЛС переднього огляду, що використовуються на ряді бойових літаків, а також РЛС літаків дальнього радіолокаційного виявлення (ДРЛВ) істотно збільшують сумарну ЕПР об'єкта. Розвиток загального методу розрахунку ЕПР на цей випадок включає кількісну оцінку внеску антенних систем такого типу в ЕПР повітряного об'єкта. Розрахунок проводився наступним чином [11].

Розглядалась модель дзеркальної антени з конічним обтічником (рис. 1.7). Застосування леми Лоренця до шуканого повного поля (\vec{E}, \vec{H}) і допоміжного поля $(\vec{E}, \vec{H}(\vec{x}|\vec{x}_0, \vec{p}))$, що породжене електричним диполем, розміщеним у точці \vec{x}_0 , з вектором-моментом \vec{p} , при наявності одного лише обтічника, дозволяє одержати інтегральне уявлення для шуканого поля:

$$j\omega\vec{p}\cdot\vec{E}\left(\vec{x}_{0}\right) = j\omega\vec{p}\cdot\vec{E}_{\rm off}\left(\vec{x}_{0}\right) + \int_{L} \left(\vec{K}\left(\vec{x}_{0}\right)\cdot\vec{E}^{T}\left(\vec{x}\mid\vec{x}_{0},\vec{p}\right)\right) dS, \qquad (12)$$

де $\vec{E}_{obt}(\vec{x}_0)$ – поле, розсіяне одним лише обтічником, $\vec{K}(x)$ – щільність поверхневого струму в точках дзеркала антени. Інтегральний член виразу (12) являє собою відгук дзеркала антени на зондуючу хвилю з урахуванням електродинамічної взаємодії з обтічником. Поклавши $\vec{x}_0 = -r\vec{R}^0$ і спрямувавши $r \to \infty$, одержимо вираз для повного поля, розсіяного системою "антена-обтічник", у дальній зоні:

$$\vec{p} \cdot \vec{E}(\vec{R}^0) \sim \vec{p} \cdot \vec{E}_{obt}\left(\vec{R}^0\right) - jk_0 \frac{e^{jk_0r}}{4\pi r} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \int_L \left(\vec{E}\left(\vec{x}\right) \cdot \vec{K}\left(\vec{x}\right)\right) dS .$$
(13)

Тут $\hat{E}(\vec{x})$ – поле, породжене плоскою монохроматичною хвилею в точках дзеркала *L* при наявності одного лише обтічника. Це поле розраховувалося у наближенні геометричної оптики. У розглянутому наближенні поле $\left(\vec{E}(\vec{x}), \vec{H}(\vec{x})\right)$ представляється у вигляді суми поля на дзеркалі, що пройшло безпосередньо через освітлену поверхню обтічника (шлях 1 на рис. 1.8), і поля, що попало на дзеркало після однократного відбиття від внутрішньої поверхні обтічника (шлях 2 на рис. 1.8).

Необхідно відзначити, що при відбитті плоскої електромагнітної хвилі від внутрішньої поверхні обтічника можливе утворення каустичної поверхні (зони підвищеної концентрації енергії), що повинно бути враховано [12].





Рис. 1.7. Система "антена-обтічник"

Рис. 1.8. Шляхи поширення падаючої хвилі

У довіднику використано розроблений метод розрахунку вторинного випромінювання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) [4, 5]. Загальна схема типової конструкції БПЛА представлена на рис. 1.9.



Рис. 1.9. Загальна схема типової конструкції БПЛА

Відповідно до наведеної конструкції БПЛА для розрахунку його вторинного випромінювання необхідно розрахувати характеристики розсіювання ідеально провідних елементів, елементів обладнання, прихованих під діелектричною оболонкою фюзеляжу, а також порожнистих діелектричних елементів. Алгоритм розрахунку схожий до розрахунку характеристик розсіювання антени під діелектричним обтічником: окремо обчислюється розсіювання на діелектричній оболонці, до нього додається розсіювання на внутрішніх елементах БПЛА.

2. ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗСІЮВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ОБ'ЄКТІВ

На основі розроблених методів розрахунку радіолокаційних характеристик повітряних об'єктів [1, 2, 4, 5] проведено математичне моделювання та отримані дані для 36 повітряних об'єктів.

Характеристики розсіювання повітряних об'єктів наведені для наступних частот опромінення: 10 ГГц (довжини хвиль 3 см), 5 ГГц (довжини хвиль 6 см), 3 ГГц (довжини хвиль 10 см), 1,3 ГГц (довжини хвиль 23 см), 1 ГГц (довжини хвиль 30 см). При цьому у довіднику наведені дані для частот 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц при горизонтальній поляризації зондуючого сигналу. Результати для вертикальної поляризації, а також для решти частот на обох поляризаціях наведені в електронному додатку до довідника. Параметри опромінення приймались наступними. Крок зміни азимута зондування 0,02°, азимут β (рис. 2.1.) відраховувався від носового ракурсу (0° відповідає зондуванню в ніс літака, 180° – зондування в хвіст). Враховуючи, що ракурс літака в кутомісній площині може флуктуювати під час польоту, кут місця зондування брався випадковим, рівномірно розподіленим у діапазоні $-3°\pm4°$ відносно плоцини крила (кут місця -3° відповідає зондуванню з нижньої напівсфери (рис. 2.1)).



Рис. 2.1. Геометрія опромінення повітряного об'єкта

Результати отримані для випадку суміщеного прийому для двох ортогональних поляризацій: горизонтальної — вектор напруженості електричного поля падаючої хвилі \vec{p}_{Γ}^{0} лежить у площині крила; вертикальної — вектор напруженості електричного поля падаючої хвилі \vec{p}_{B}^{0} ортогональний до \vec{p}_{Γ}^{0} і лежить в площині, що перпендикулярна площині крила і проходить через напрям падаючої плоскої хвилі.

Оскільки ракурс радіолокаційної цілі можна вважати випадковим, то й величина ЕПР в кожний окремий момент часу є випадковою. Закони розподілу цієї випадкової величини (а також кореня квадратного з ЕПР, який пропорційний амплітудному множнику відбитого сигналу) можна визначити за розрахованими (або експериментально отриманими) діаграмами миттєвої ЕПР. З низки розподілів ймовірності (нормального, Релея, логнормального, Вейбулла, β -розподілу, Г-розподілу, екстремального, експоненційного) були вибрані найбільш узгоджені з отриманими емпіричними розподілами (гістограмами) для різних кутових діапазонів за критерієм Колмогорова-Смирнова.

На рисунках із зображенням гістограм амплітудного множника чорною лінією зображені щільності розподілу (вказані на полях рисунків), що помножені на площі відповідних гістограм.

Слід відмітити, що в деяких випадках, незважаючи на задовільне узгодження за критерієм Колмогорова-Смирнова, криві теоретичних щільностей розподілу можуть суттєво відрізнятись від огинаючих гістограм. В цьому випадку користувач довідника може спробувати знайти інші теоретичні розподіли (які дають більш точний результат), використовуючи безпосередньо дані характеристик розсіювання, що наведені в електронному додатку до довідника.

З огляду на особливу важливість атакуючих ("носових") ракурсів опромінення повітряних об'єктів в довіднику наведені гістограми розподілу амплітудного множника відбитого сигналу (квадратного кореня з ЕПР) для азимутів опромінення –20°...+20° і випадку горизонтальної поляризації падаючої електромагнітної хвилі.

Закони розподілу величини ЕПР повітряних об'єктів, а також квадратного кореня з ЕПР, отримані для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення, наведені у електронному додатку до довідника.

2.1. Радіолокаційні характеристики фронтового винищувача МіГ-29

МіГ-29 – фронтовий винищувач (рис. 2.2). Перший політ відбувся у 1977 році.

Характеристики МіГ-29 [13]: розмах крила – 11,36 м, довжина – 17,32 м, висота – 4,73 м, площа крила – 38,06 м², маса – 10 900...18 100 кг, тип двигуна – 2 ТРДФ РД-33, максимальна швидкість – 2 450 км/год, практична дальність – 1 430...2 100 км, практична стеля – 18 000 м.

Відповідно до конструкції МіГ-29 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.3. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 40 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 42 прямих кромочних ділянок розсіювання.







Рис. 2.3. Модель поверхні фронтового винищувача МіГ-29

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака МіГ-29 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака МіГ-29 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.4 приведена кругова діаграма ЕПР МіГ-29. На рис. 2.5 приведена кругова діаграма НЕПР МіГ-29.

Середня ЕПР літака МіГ-29 для горизонтальної поляризації складає 55,68 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,55 м².

На рис. 2.6, 2.7 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.7. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

На рис. 2.8, 2.13, 2.18 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.8. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака МіГ-29 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.9 приведена кругова діаграма ЕПР МіГ-29. На рис. 2.10 приведена кругова діаграма НЕПР МіГ-29.

Середня ЕПР літака МіГ-29 для горизонтальної поляризації складає 87,10 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,55 м².

На рис. 2.11, 2.12 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Медіанна ЕПР

2,52 ,64

60-180

β, град.



Рис. 2.12. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

00-120

80-100

0,82 ,51

20-140

0,70

140-160



Рис. 2.13. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

10,00

1,00

0,10

0-20

1,58 ,96

20-40

1,61 .08

40-60

60-80

РЛХ моделі літака МіГ-29 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.14 приведена кругова діаграма ЕПР МіГ-29. На рис. 2.15 приведена кругова діаграма НЕПР МіГ-29.

Середня ЕПР літака МіГ-29 для горизонтальної поляризації складає 60,16 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,98 м².

На рис. 2.16, 2.17 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.14. Кругова діаграма ЕПР моделі літака МіГ-29

Рис. 2.15. Кругова діаграма НЕПР моделі літака МіГ-29



Рис. 2.16. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.17. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.18. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

Вирази та параметри розподілів ймовірності, що найбільш узгоджені з емпіричними розподілами квадратного кореня з ЕПР для різних діапазонів азимутів опромінення та поляризацій, наведені у електронному додатку до довідника. Там же наведені вирази та параметри розподілів ймовірності, що найбільш узгоджені з емпіричними розподілами ЕПР (енергетична характеристика) для різних діапазонів азимутів опромінення та поляризацій.

2.2. Радіолокаційні характеристики багатоцільового винищувача Су-27

Су-27 – одномісний багатоцільовий винищувач (рис. 2.19). Перший політ відбувся у 1977 році.

Характеристики Су-27 [14]: розмах крила – 14,70 м, довжина – 21,93 м, висота – 5,93 м, площа крила – 62,04 м², маса – 16 300...30 000 кг, тип двигуна – 2 ТРДФ АЛ-31Ф, максимальна швидкість – 2 500 км/год, практична дальність біля землі – 1 370 км, на висоті – 3 680 км, практична стеля – 18 500 м.

Відповідно до конструкції Су-27 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.20. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 60 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 42 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.19. Багатоцільовий винищувач Су-27



Рис. 2.20. Модель поверхні багатоцільового винищувача Су-27

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Су-27 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака Су-27 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.21 приведена кругова діаграма ЕПР Су-27. На рис. 2.22 приведена кругова діаграма НЕПР Су-27.

Середня ЕПР літака Су-27 для горизонтальної поляризації складає 83,04 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,06 м².

На рис. 2.23, 2.24 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.24. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

На рис. 2.25, 2.30, 2.35 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20...+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.25. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака Су-27 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.26 приведена кругова діаграма ЕПР Су-27. На рис. 2.27 приведена кругова діаграма НЕПР Су-27.

Середня ЕПР літака Су-27 для горизонтальної поляризації складає 69,65 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,94 м².

На рис. 2.28, 2.29 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака Су-27

літака Су-27



Рис. 2.29. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.30. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака Су-27 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.31 приведена кругова діаграма ЕПР Су-27. На рис. 2.32 приведена кругова діаграма НЕПР Су-27.

Середня ЕПР літака Су-27 для горизонтальної поляризації складає 58,92 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,51 м².

На рис. 2.33, 2.34 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.31. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Су-27

Рис. 2.32. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Су-27



Рис. 2.33. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.34. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.35. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

Вирази та параметри розподілів ймовірності, що найбільш узгоджені з емпіричними розподілами квадратного кореня з ЕПР для різних діапазонів азимутів опромінення та поляризацій, наведені у електронному додатку до довідника. Там же наведені вирази та параметри розподілів ймовірності, що найбільш узгоджені з емпіричними розподілами ЕПР (енергетична характеристика) для різних діапазонів азимутів опромінення та поляризацій.

2.3. Радіолокаційні характеристики багатоцільового винищувача Су-57

Су-57 (заводський індекс Т-50) – одномісний багатоцільовий винищувач (рис. 2.36). Перший політ відбувся у 2010 році.

Характеристики Су-57 [15]: розмах крила – 14,00 м, довжина – 19,40 м, висота – 4,80 м, площа крила – 82,00 м², маса – 18 500...35 000 кг, тип двигуна – 2 ТРДФ АЛ-41Ф1, максимальна швидкість – 2 500 км/год, практична дальність – 2 100...5 500 км, практична стеля – 20 000 м.

Відповідно до конструкції Су-57 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.37. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 55 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 34 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.36. Багатоцільовий винищувач Су-57



Рис. 2.37. Модель поверхні багатоцільового винищувача Су-57

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Су-57 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака Су-57 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.38 приведена кругова діаграма ЕПР Су-57. На рис. 2.39 приведена кругова діаграма НЕПР Су-57.

Середня ЕПР літака Су-57 для горизонтальної поляризації складає 13,10 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,36 м².

На рис. 2.40, 2.41 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.42, 2.47, 2.52 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.42. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака Су-57 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.43 приведена кругова діаграма ЕПР Су-57. На рис. 2.44 приведена кругова діаграма НЕПР Су-57.

Середня ЕПР літака Су-57 для горизонтальної поляризації складає 10,68 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,28 м².

На рис. 2.45, 2.46 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака Су-57

літака Су-57




Рис. 2.46. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.47. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака Су-57 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.48 приведена кругова діаграма ЕПР Су-57. На рис. 2.49 приведена кругова діаграма НЕПР Су-57.

Середня ЕПР літака Су-57 для горизонтальної поляризації складає 10,91 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,99 м².

На рис. 2.50, 2.51 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.48. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Су-57

Рис. 2.49. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Су-57



Рис. 2.50. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.51. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.52. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.4. Радіолокаційні характеристики багатоцільового винищувача F-16

F-16 – одномісний багатоцільовий винищувач (рис. 2.53). Перший політ відбувся у 1980 році.

Характеристики F-16 [16]: розмах крила – 9,45 м, довжина – 15,03 м, висота – 5,09 м, площа крила – 27,87 м², маса – 8 373...12 003 кг, тип двигуна – 1 ТРДДФ Pratt Whitney F-100-PW-229, максимальна швидкість – 2 145 км/год, бойовий радіус дії – 579 км, практична стеля – 17 200 м.

Відповідно до конструкції F-16 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.54. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 42 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 20 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.53. Багатоцільовий винищувач F-16



Рис. 2.54. Модель поверхні багатоцільового винищувача F-16

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака F-16 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака F-16 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.55 приведена кругова діаграма ЕПР F-16. На рис. 2.56 приведена кругова діаграма НЕПР F-16.

Середня ЕПР літака F-16 для горизонтальної поляризації складає 42,14 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,63 м².

На рис. 2.57, 2.58 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.59, 2.64, 2.69 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.59. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака F-16 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.60 приведена кругова діаграма ЕПР F-16. На рис. 2.61 приведена кругова діаграма НЕПР F-16.

Середня ЕПР літака F-16 для горизонтальної поляризації складає 35,36 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,65 м².

На рис. 2.62, 2.63 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





Рис. 2.63. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.64. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака F-16 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.65 приведена кругова діаграма ЕПР F-16. На рис. 2.66 приведена кругова діаграма НЕПР F-16.

Середня ЕПР літака F-16 для горизонтальної поляризації складає 20,92 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,67 м².

На рис. 2.67, 2.68 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.65. Кругова діаграма ЕПР моделі літака F-16

Рис. 2.66. Кругова діаграма НЕПР моделі літака F-16



Рис. 2.67. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.68. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.69. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.5. Радіолокаційні характеристики тактичного винищувача F-15

F-15 – одномісний тактичний винищувач (рис. 2.70). Перший політ відбувся у 1974 році.

Характеристики F-15 [17]: розмах крила – 13,05 м, довжина – 19,05 м, висота – 5,63 м, площа крила – 56,6 м², маса – 12 970...30 850 кг, тип двигуна – 2 ТРДДФ Pratt Whitney F100-PW-100, максимальна швидкість – 2 650 км/год, бойовий радіус дії – 1 900 км, практична стеля – 18 300 м.

Відповідно до конструкції F-15 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.71. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 64 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 22 прямих кромочних ділянок розсіювання.





Рис. 2.70. Тактичний винищувач F-15

Рис. 2.71. Модель поверхні тактичного винищувача F-15

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака F-15 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака F-15 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.72 приведена кругова діаграма ЕПР F-15. На рис. 2.73 приведена кругова діаграма НЕПР F-15.

Середня ЕПР літака F-15 для горизонтальної поляризації складає 120,56 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,95 м².

На рис. 2.74, 2.75 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.76, 2.81, 2.86 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.76. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака F-15 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.77 приведена кругова діаграма ЕПР F-15. На рис. 2.78 приведена кругова діаграма НЕПР F-15.

Середня ЕПР літака F-15 для горизонтальної поляризації складає 90,71 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,07 м².

На рис. 2.79, 2.80 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.







Рис. 2.80. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.81. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака F-15 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.82 приведена кругова діаграма ЕПР F-15. На рис. 2.83 приведена кругова діаграма НЕПР F-15.

Середня ЕПР літака F-15 для горизонтальної поляризації складає 72,84 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,49 м².

На рис. 2.84, 2.85 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.82. Кругова діаграма ЕПР моделі літака F-15

Рис. 2.83. Кругова діаграма НЕПР моделі літака F-15



Рис. 2.84. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.85. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.86. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.6. Радіолокаційні характеристики палубного винищувачабомбардувальника F/A-18

F/A-18 – палубний винищувач-бомбардувальник (рис. 2.87). Перший політ відбувся у 1994 році.

Характеристики F/A-18 [18]: розмах крила – 11,43 м, довжина – 17,07 м, висота – 4,66 м, маса – 10 640...22 320 кг, тип двигуна – 2 ТРДДФ General Electric F404-GE-400, максимальна швидкість – 1 915 км/год, бойовий радіус дії – 750...1 065 км, практична стеля – 15 240 м.

Відповідно до конструкції F/A-18 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.88. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 49 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 14 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.87. Палубний винищувачбомбардувальник F/A-18



Рис. 2.88. Модель поверхні палубного винищувача-бомбардувальника F/A-18

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака F/A-18 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака F/A-18 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.89 приведена кругова діаграма ЕПР F/A-18. На рис. 2.90 приведена кругова діаграма НЕПР F/A-18.

Середня ЕПР літака F/A-18 для горизонтальної поляризації складає 27,36 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,14 м².

На рис. 2.91, 2.92 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.93, 2.98, 2.103 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.93. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака F/A-18 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.94 приведена кругова діаграма ЕПР F/A-18. На рис. 2.95 приведена кругова діаграма НЕПР F/A-18.

Середня ЕПР літака F/A-18 для горизонтальної поляризації складає 19,01 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,80 м².

На рис. 2.96, 2.97 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.







Рис. 2.97. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.98. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака F/A-18 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.99 приведена кругова діаграма ЕПР F/A-18. На рис. 2.100 приведена кругова діаграма НЕПР F/A-18.

Середня ЕПР літака F/A-18 для горизонтальної поляризації складає 15,94 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,11 м².

На рис. 2.101, 2.102 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.99. Кругова діаграма ЕПР моделі літака F/A-18

Рис. 2.100. Кругова діаграма НЕПР моделі літака F/A-18



Рис. 2.101. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.102. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.103. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.7. Радіолокаційні характеристики ударного тактичного винищувача Tornado IDS

Tornado IDS – ударний тактичний винищувач (рис. 2.104). Перший політ відбувся у 1980 році.

Характеристики Tornado IDS [19]: розмах крила – 8,60...13,92 м, довжина – 16,72 м, висота – 5,95 м, площа крила – 31 м², маса – 14 090...27 950 кг, тип двигуна – 2 ТРДДФ Turbo-Union RB.199-34R Mk.101, максимальна швидкість – 2 338 км/год, бойовий радіус дії – 1 390 км, практична стеля – 15 000 м.

Відповідно до конструкції Tornado IDS для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.105. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 52 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 17 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.104. Ударний тактичний винищувач Tornado IDS



Рис. 2.105. Модель поверхні ударного тактичного винищувача Tornado IDS

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Tornado IDS при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака Tornado IDS при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.106 приведена кругова діаграма ЕПР Tornado IDS. На рис. 2.107 приведена кругова діаграма НЕПР Tornado IDS.

Середня ЕПР літака Tornado IDS для горизонтальної поляризації складає 102,49 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 4,67 м².

На рис. 2.108, 2.109 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.110, 2.115, 2.120 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.110. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака Tornado IDS при частоті опромінення З ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.111 приведена кругова діаграма ЕПР Tornado IDS. На рис. 2.112 приведена кругова діаграма НЕПР Tornado IDS.

Середня ЕПР літака Tornado IDS для горизонтальної поляризації складає 89,90 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 5,05 м².

На рис. 2.113, 2.114 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.111. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Tornado IDS

Рис. 2.112. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Tornado IDS





Рис. 2.114. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.115. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака Tornado IDS при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.116 приведена кругова діаграма ЕПР Tornado IDS. На рис. 2.117 приведена кругова діаграма НЕПР Tornado IDS.

Середня ЕПР літака Tornado IDS для горизонтальної поляризації складає 66,91 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 3,87 м².

На рис. 2.118, 2.119 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.116. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Tornado IDS

Рис. 2.117. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Tornado IDS



Рис. 2.118. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.119. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.120. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.8. Радіолокаційні характеристики багатоцільового винищувача EF-2000 Typhoon

EF-2000 Typhoon – багатоцільовий винищувач (рис. 2.121). Перший політ відбувся у 1979 році.

Характеристики EF-2000 Typhoon [20]: розмах крила – 10,95 м, довжина – 15,96 м, висота – 5,28 м, площа крила – 50 м², маса – 11 000...23 500 кг, тип двигуна – 2 ТРДДФ Eurojet EJ 200, максимальна швидкість – 2 120 км/год, бойовий радіус дії – 601...1 390 км, практична стеля – 19 800 м.

Відповідно до конструкції EF-2000 Турһооп для проведення розрахунків РЛХ була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.122. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 104 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 10 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.121. Багатоцільовий винищувач EF-2000 Typhoon



Рис. 2.122. Модель поверхні багатоцільового винищувача EF-2000 Турһооп

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака EF-2000 Typhoon при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака EF-2000 Typhoon при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.123 приведена кругова діаграма ЕПР ЕF-2000 Турһооп. На рис. 2.124 приведена кругова діаграма НЕПР EF-2000 Турһооп.

Середня ЕПР літака EF-2000 Турһооп для горизонтальної поляризації складає 18,29 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,00 м².

На рис. 2.125, 2.126 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





64

На рис. 2.127, 2.132, 2.137 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.127. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака EF-2000 Турһооп при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.128 приведена кругова діаграма ЕПР ЕF-2000 Турһооп. На рис. 2.129 приведена кругова діаграма НЕПР EF-2000 Турһооп.

Середня ЕПР літака EF-2000 Турһооп для горизонтальної поляризації складає 17,82 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,76 м².

На рис. 2.130, 2.131 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.128. Кругова діаграма ЕПР моделі літака EF-2000 Typhoon

Рис. 2.129. Кругова діаграма НЕПР моделі літака EF-2000 Турһооп





Рис. 2.131. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.132. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака EF-2000 Турһооп при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.133 приведена кругова діаграма ЕПР ЕF-2000 Турһооп. На рис. 2.134 приведена кругова діаграма НЕПР EF-2000 Турһооп.

Середня ЕПР літака EF-2000 Турһооп для горизонтальної поляризації складає 12,95 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,45 м².

На рис. 2.135, 2.136 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.133. Кругова діаграма ЕПР моделі літака EF-2000 Турһооп

Рис. 2.134. Кругова діаграма НЕПР моделі літака EF-2000 Typhoon



Рис. 2.135. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.136. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.137. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.9. Радіолокаційні характеристики штурмовика Су-25

Су-25 – штурмовик (рис. 2.138). Перший політ відбувся у 1975 році.

Характеристики Су-25 [21]: розмах крила – 14,52 м, довжина – 15,33 м, висота – 5,20 м, площа крила – 30,10 м², маса – 9 500...19 500 кг, тип двигуна – 2 ТРД Р-195М, максимальна швидкість – 950 км/год, бойовий радіус дії біля землі – 400 км, на висоті – 700 км, практична стеля – 10 000 м.

Відповідно до конструкції Су-25 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.139. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 63 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 31 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.138. Штурмовик Су-25

Рис. 2.139. Модель поверхні штурмовика Су-25

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Су-25 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака Су-25 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.140 приведена кругова діаграма ЕПР Су-25. На рис. 2.141 приведена кругова діаграма НЕПР Су-25.

Середня ЕПР літака Су-25 для горизонтальної поляризації складає 73,31 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,86 м².

На рис. 2.142, 2.143 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.144, 2.149, 2.154 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.144. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака Су-25 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.145 приведена кругова діаграма ЕПР Су-25. На рис. 2.146 приведена кругова діаграма НЕПР Су-25.

Середня ЕПР літака Су-25 для горизонтальної поляризації складає 79,06 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 3,05 м².

На рис. 2.147, 2.148 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака Су-25

Рис. 2.146. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Су-25




Рис. 2.148. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.149. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака Су-25 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.150 приведена кругова діаграма ЕПР Су-25. На рис. 2.151 приведена кругова діаграма НЕПР Су-25.

Середня ЕПР літака Су-25 для горизонтальної поляризації складає 55,13 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,66 м².

На рис. 2.152, 2.153 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.150. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Су-25

Рис. 2.151. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Су-25



Рис. 2.152. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.153. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.154. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.10. Радіолокаційні характеристики штурмовика A-10 Thunderbolt II

А-10 Thunderbolt II – штурмовик (рис. 2.155). Перший політ відбувся у 1972 році.

Характеристики А-10 [22]: розмах крила – 14,52 м, довжина – 15,33 м, висота – 5,20 м, площа крила – 30,10 м², маса – 9 500...19 500 кг, тип двигуна – 2 ТРД Р-195М, максимальна швидкість – 950 км/год, бойовий радіус дії біля землі – 400 км, на висоті – 700 км, практична стеля – 10 000 м.

Відповідно до конструкції А-10 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.156. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 41 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 24 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.155. Штурмовик A-10 Thunderbolt II



Рис. 2.156. Модель поверхні A-10 Thunderbolt II

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака А-10 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака A-10 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.157 приведена кругова діаграма ЕПР А-10. На рис. 2.158 приведена кругова діаграма НЕПР А-10.

Середня ЕПР літака А-10 для горизонтальної поляризації складає 61,20 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 8,04 м².

На рис. 2.159, 2.160 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





2,64 ,72

β, град.

10,00

1,00

На рис. 2.161, 2.166, 2.171 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.161. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака A-10 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.162 приведена кругова діаграма ЕПР А-10. На рис. 2.163 приведена кругова діаграма НЕПР А-10.

Середня ЕПР літака А-10 для горизонтальної поляризації складає 71,14 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 7,40 м².

На рис. 2.164, 2.165 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака А-10







Рис. 2.165. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.166. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака A-10 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.167 приведена кругова діаграма ЕПР А-10. На рис. 2.168 приведена кругова діаграма НЕПР А-10.

Середня ЕПР літака А-10 для горизонтальної поляризації складає 53,24 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 5,88 м².

На рис. 2.169, 2.170 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.167. Кругова діаграма ЕПР моделі літака А-10

Рис. 2.168. Кругова діаграма НЕПР моделі літака А-10



Рис. 2.169. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.170. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.171. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.11. Радіолокаційні характеристики фронтового бомбардувальника Су-24

Су-24 – фронтовий бомбардувальник (рис. 2.172). Перший політ відбувся у 1970 році.

Характеристики Су-24 [23]: розмах крила – 10,37...17,64 м, довжина – 22,67 м, висота – 5,92 м, площа крила – 51,02...55,16 м², маса – 21 200...39 700 кг, тип двигуна – 2 ТРДФ НПО Сатурн АЛ-21-ФЗ, максимальна швидкість – 1 700 км/год, бойовий радіус дії – 600 км, практична стеля – 11 000 м.

Відповідно до конструкції Су-24 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.173. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 84 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 33 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.172. Фронтовий бомбардувальник Су-24



Рис. 2.173. Модель поверхні фронтового бомбардувальника Су-24

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Су-24 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака Су-24 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.174 приведена кругова діаграма ЕПР Су-24. На рис. 2.175 приведена кругова діаграма НЕПР Су-24.

Середня ЕПР літака Су-24 для горизонтальної поляризації складає 144,38 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 3,71 м².

На рис. 2.176, 2.177 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





Рис. 2.177. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

На рис. 2.178, 2.183, 2.188 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20...+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.178. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення -20...+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака Су-24 при частоті опромінення З ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.179 приведена кругова діаграма ЕПР Су-24. На рис. 2.180 приведена кругова діаграма НЕПР Су-24.

Середня ЕПР літака Су-24 для горизонтальної поляризації складає 143,87 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 5,39 м².

На рис. 2.181, 2.182 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака Су-24





Рис. 2.182. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.183. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака Су-24 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.184 приведена кругова діаграма ЕПР Су-24. На рис. 2.185 приведена кругова діаграма НЕПР Су-24.

Середня ЕПР літака Су-24 для горизонтальної поляризації складає 137,02 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 5,96 м².

На рис. 2.186, 2.187 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.184. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Су-24

Рис. 2.185. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Су-24



Рис. 2.186. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.187. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.188. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.12. Радіолокаційні характеристики дальнього бомбардувальника Ту-22МЗ

Ту-22М3 – дальній бомбардувальник (рис. 2.189). Перший політ відбувся у 1983 році.

Характеристики Ту-22МЗ [24]: розмах крила – 23,30...34,28 м, довжина – 41,46 м, висота – 11,05 м, площа крила – 175,80...183,57 м², маса – 78 000...126 000 кг, тип двигуна – 2 ДТРДФ НК-25, максимальна швидкість – 2 300 км/год, бойовий радіус дії – 1 500...2 410 км, практична стеля – 13 300 м.

Відповідно до конструкції Ту-22МЗ для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.190. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 50 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 25 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.189. Дальній бомбардувальник Ту-22М3



Рис. 2.190. Модель поверхні дальнього бомбардувальника Ту-22М3

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Ту-22МЗ при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака Ту-22МЗ при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.191 приведена кругова діаграма ЕПР Ту-22М3. На рис. 2.192 приведена кругова діаграма НЕПР Ту-22М3.

Середня ЕПР літака Ту-22МЗ для горизонтальної поляризації складає 209,22 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,66 м².

На рис. 2.193, 2.194 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.195, 2.200, 2.205 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.195. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака Ту-22М3 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.196 приведена кругова діаграма ЕПР Ту-22М3. На рис. 2.197 приведена кругова діаграма НЕПР Ту-22М3.

Середня ЕПР літака Ту-22МЗ для горизонтальної поляризації складає 292,22 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,61 м².

На рис. 2.198, 2.199 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака Ту-22М3

Рис. 2.197. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Ту-22M3





Рис. 2.199. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.200. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака Ту-22М3 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.201 приведена кругова діаграма ЕПР Ту-22М3. На рис. 2.202 приведена кругова діаграма НЕПР Ту-22М3.

Середня ЕПР літака Ту-22МЗ для горизонтальної поляризації складає 248,02 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,88 м².

На рис. 2.203, 2.204 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.201. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Ту-22M3

Рис. 2.202. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Ту-22M3



Рис. 2.203. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.204. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.205. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.13. Радіолокаційні характеристики стратегічного бомбардувальника Ту-95

Ту-95 – стратегічний бомбардувальник (рис. 2.206). Перший політ відбувся у 1979 році.

Характеристики Ту-95 [25]: розмах крила – 50,05 м, довжина – 47,09 м, висота – 13,20 м, площа крила – 295,00 м², маса – 94 400...18 7700 кг, тип двигуна – 4 ТВД НК 12М (МВ), максимальна швидкість – 710 км/год, бойовий радіус дії – 6500 км, практична стеля – 12 000 м.

Відповідно до конструкції Ту-95 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.207. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 104 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 10 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.206. Стратегічний бомбардувальник Ту-95

Рис. 2.207. Модель поверхні стратегічного бомбардувальника Ту-95

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Ту-95 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака Ту-95 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.208 приведена кругова діаграма ЕПР Ту-95. На рис. 2.209 приведена кругова діаграма НЕПР Ту-95.

Середня ЕПР літака Ту-95 для горизонтальної поляризації складає 238,90 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 23,63 м².

На рис. 2.210, 2.211 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





2.2.211. Середні та медіанні ЕПР для двадцяти радусних діапазої азимутів опромінення

На рис. 2.212, 2.217, 2.222 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20...+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.212. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення -20...+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака Ту-95 при частоті опромінення З ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.213 приведена кругова діаграма ЕПР Ту-95. На рис. 2.214 приведена кругова діаграма НЕПР Ту-95.

Середня ЕПР літака Ту-95 для горизонтальної поляризації складає 199,83 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 18,23 м².

На рис. 2.215, 2.216 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака Ту-95

Рис. 2.214. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Ту-95





Рис. 2.216. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.217. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака Ту-95 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.218 приведена кругова діаграма ЕПР Ту-95. На рис. 2.219 приведена кругова діаграма НЕПР Ту-95.

Середня ЕПР літака Ту-95 для горизонтальної поляризації складає 176,86 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 20,96 м².

На рис. 2.220, 2.221 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.218. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Ту-95

Рис. 2.219. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Ту-95



Рис. 2.220. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.221. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.222. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.14. Радіолокаційні характеристики стратегічного бомбардувальника Ту-160

Ту-160 – стратегічний бомбардувальник (рис. 2.223). Перший політ відбувся у 1984 році.

Характеристики Ту-160 [26]: розмах крила – 35,60...55,70 м, довжина – 54,10 м, висота – 13,20 м, площа крила – 360,00 м², маса – 110 000...275 000 кг, тип двигуна – 4 ТРДДФ НК-32, крейсерська швидкість – 2 000 км/год, практична дальність – 10 500...14 000 км, практична стеля – 15 600 м.

Відповідно до конструкції Ту-160 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.224. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 103 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 20 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.223. Стратегічний бомбардувальник Ту-160



Рис. 2.224. Модель поверхні стратегічного бомбардувальника Ту-160

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Ту-160 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака Ту-160 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.225 приведена кругова діаграма ЕПР Ту-160. На рис. 2.226 приведена кругова діаграма НЕПР Ту-160.

Середня ЕПР літака Ту-160 для горизонтальної поляризації складає 460,03 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 38,52 м².

На рис. 2.227, 2.228 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.229, 2.234, 2.239 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.229. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака Ту-160 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.230 приведена кругова діаграма ЕПР Ту-160. На рис. 2.231 приведена кругова діаграма НЕПР Ту-160.

Середня ЕПР літака Ту-160 для горизонтальної поляризації складає 377,92 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 32,01 м².

На рис. 2.232, 2.233 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака Ту-160

літака Ту-160







Рис. 2.233. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.234. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака Ту-160 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.235 приведена кругова діаграма ЕПР Ту-160. На рис. 2.236 приведена кругова діаграма НЕПР Ту-160.

Середня ЕПР літака Ту-160 для горизонтальної поляризації складає 381,23 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 36,42 м².

На рис. 2.237, 2.238 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.235. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Ту-160

Рис. 2.236. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Ту-160



Рис. 2.237. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.238. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.239. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.15. Радіолокаційні характеристики фронтового бомбардувальника Су-34

Су-34 – двомісний фронтовий бомбардувальник (рис. 2.240). Перший політ відбувся у 1990 році.

Характеристики Су-34 [27]: розмах крила – 14,70 м, довжина – 22,00 м, висота – 5,93 м, маса – 39 000...44 360 кг, тип двигуна – 2 ТРДФ АЛ-35 (АЛ-31Ф), максимальна швидкість – 1 900 км/год, практична дальність – 4 500 км, бойовий радіус дії – 1 130 км, практична стеля – 17 000 м.

Відповідно до конструкції Су-34 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.241. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 56 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 48 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.240. Фронтовий бомбардувальник Су-34



Рис. 2.241. Модель поверхні фронтового бомбардувальника Су-34

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Су-34 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака Су-34 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.242 приведена кругова діаграма ЕПР Су-34. На рис. 2.243 приведена кругова діаграма НЕПР Су-34.

Середня ЕПР літака Су-34 для горизонтальної поляризації складає 67,81 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,00 м².

На рис. 2.244, 2.245 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.245. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

На рис. 2.246, 2.251, 2.256 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.246. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака Су-34 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.247 приведена кругова діаграма ЕПР Су-34. На рис. 2.248 приведена кругова діаграма НЕПР Су-34.

Середня ЕПР літака Су-34 для горизонтальної поляризації складає 57,43 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,81 м².

На рис. 2.249, 2.250 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.247. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Су-34




Рис. 2.249. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.250. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.251. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака Су-34 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.252 приведена кругова діаграма ЕПР Су-34. На рис. 2.253 приведена кругова діаграма НЕПР Су-34.

Середня ЕПР літака Су-34 для горизонтальної поляризації складає 47,13 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,63 м².

На рис. 2.254, 2.255 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.252. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Су-34

Рис. 2.253. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Су-34



Рис. 2.254. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.255. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.256. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.16. Радіолокаційні характеристики стратегічного бомбардувальника В-2

В-2 – стратегічний бомбардувальник (рис. 2.257). Перший політ відбувся у 1989 році.

Характеристики В-2 [28]: розмах крила – 52,4 м, довжина – 20,9 м, висота – 5,45 м, площа крила – 464,5 м², маса – 56 700 … 18 1500 кг, тип двигуна – 4 ТРДД General Electric F118-GE-100, максимальна швидкість – 1 010 км/год, практична дальність – 11 100…18 500 км, практична стеля – 12 500 м.

Відповідно до конструкції В-2 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.258. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 26 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 24 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.257. Стратегічний бомбардувальник В-2

Рис. 2.258. Модель поверхні стратегічного бомбардувальника В-2

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака В-2 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака B-2 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.259 приведена кругова діаграма ЕПР В-2. На рис. 2.260 приведена кругова діаграма НЕПР В-2.

Середня ЕПР літака B-2 для горизонтальної поляризації складає 0,14 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,07 м².

На рис. 2.261, 2.262 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





112

На рис. 2.263, 2.268, 2.273 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.263. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака B-2 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.264 приведена кругова діаграма ЕПР В-2. На рис. 2.265 приведена кругова діаграма НЕПР В-2.

Середня ЕПР літака B-2 для горизонтальної поляризації складає 0,59 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,1 м².

На рис. 2.266, 2.267 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака В-2

ЕПР моделі Рис. 2.265. Кругова діаграм літака В-2





Рис. 2.267. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення7



Рис. 2.268. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака В-2 при частоті опромінення 1 ГГи (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.269 приведена кругова діаграма ЕПР В-2. На рис. 2.270 приведена кругова діаграма НЕПР В-2.

Середня ЕПР літака В-2 для горизонтальної поляризації складає 1,81 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю (0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,19 м².

На рис. 2.271, 2.272 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака В-2

літака В-2



Рис. 2.271. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.272. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.273. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.17. Радіолокаційні характеристики стратегічного бомбардувальника В-52

В-52 – стратегічний бомбардувальник (рис. 2.274). Перший політ відбувся у 1952 році.

Характеристики В-52 [29]: розмах крила – 56,39 м, довжина – 47,73 м, висота – 14,64 м, площа крила – 371,6 м², маса – 69 750...199 000 кг, тип двигуна – 8 ТРД J57-P-43WA, крейсерська швидкість – 842 км/год, бойовий радіус дії – 5 875 км, практична стеля – 15 200 м.

Відповідно до конструкції В-52 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.275. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 95 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 7 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.274. Стратегічний бомбардувальник В-52

Рис. 2.275. Модель поверхні стратегічного бомбардувальника В-52

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака В-52 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака B-52 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.276 приведена кругова діаграма ЕПР В-52. На рис. 2.277 приведена кругова діаграма НЕПР В-52.

Середня ЕПР літака В-52 для горизонтальної поляризації складає 372,46 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 19,18 м².

На рис. 2.278, 2.279 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.280, 2.285, 2.290 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.280. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака B-52 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.281 приведена кругова діаграма ЕПР В-52. На рис. 2.282 приведена кругова діаграма НЕПР В-52.

Середня ЕПР літака В-52 для горизонтальної поляризації складає 421,30 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 14,44 м².

На рис. 2.283, 2.284 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака В-52







Рис. 2.284. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.285. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака B-52 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.286 приведена кругова діаграма ЕПР В-52. На рис. 2.287 приведена кругова діаграма НЕПР В-52.

Середня ЕПР літака B-52 для горизонтальної поляризації складає 297,14 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 14,95 м².

На рис. 2.288, 2.289 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.286. Кругова діаграма ЕПР моделі літака B-52

Рис. 2.287. Кругова діаграма НЕПР моделі літака B-52



Рис. 2.288. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.289. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.290. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.18. Радіолокаційні характеристики стратегічного бомбардувальника В-1В

В-1В – стратегічний бомбардувальник (рис. 2.291). Перший політ відбувся у 1984 році.

Характеристики В-1В [30]: розмах крила – 24,10...41,80 м, довжина – 44,50 м, висота – 10,36 м, площа крила – 181,16 м², маса – 86 183...214 650 кг, тип двигуна – 4 ТРДД General Electric F-101-GE-102, максимальна швидкість – 1 328 км/год, практична дальність – 8 195...17 530 км, практична стеля – 18 290 м.

Відповідно до конструкції В-1В для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.292. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 105 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 22 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.291. Стратегічний бомбардувальник В-1В



Рис. 2.292. Модель поверхні стратегічного бомбардувальника В-1В

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака В-1В при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака B-1B при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.293 приведена кругова діаграма ЕПР В-1В. На рис. 2.294 приведена кругова діаграма НЕПР В-1В.

Середня ЕПР літака В-1В для горизонтальної поляризації складає 293,89 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 19,03 м².

На рис. 2.295, 2.296 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.297, 2.302, 2.307 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.297. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака В-1В при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.298 приведена кругова діаграма ЕПР В-1В. На рис. 2.299 приведена кругова діаграма НЕПР В-1В.

Середня ЕПР літака В-1В для горизонтальної поляризації складає 215,14 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 17,21 м².

На рис. 2.300, 2.301 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака В-1В







Рис. 2.301. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.302. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака В-1В при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.303 приведена кругова діаграма ЕПР В-1В. На рис. 2.304 приведена кругова діаграма НЕПР В-1В.

Середня ЕПР літака В-1В для горизонтальної поляризації складає 200,80 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 15,79 м².

На рис. 2.305, 2.306 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.303. Кругова діаграма ЕПР моделі літака В-1В

Рис. 2.304. Кругова діаграма НЕПР моделі літака В-1В



Рис. 2.305. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.306. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.307. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.19. Радіолокаційні характеристики літака дальнього радіолокаційного виявлення А-50

А-50 – літак дальнього радіолокаційного виявлення (ДРЛВ) (рис. 2.308). Перший політ відбувся у 1978 році.

Характеристики А-50 [31]: розмах крила – 50,50 м, довжина – 46,59 м, висота – 14,80 м, площа крила – 300,00 м², маса – 190 000 кг, тип двигуна – 4 ТРД ПС-90А, крейсерська швидкість – 800 км/год, практична стеля – 12 000 м.

Відповідно до конструкції А-50 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.309. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 81 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 16 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.308. Літак ДРЛВ А-50



Рис. 2.309. Модель поверхні літака ДРЛВ А-50

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака А-50 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака A-50 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.310 приведена кругова діаграма ЕПР А-50. На рис. 2.311 приведена кругова діаграма НЕПР А-50.

Середня ЕПР літака А-50 для горизонтальної поляризації складає 441,81 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 24,52 м².

На рис. 2.312, 2.313 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.314, 2.319, 2.324 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.314. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака А-50 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.315 приведена кругова діаграма ЕПР А-50. На рис. 2.316 приведена кругова діаграма НЕПР А-50.

Середня ЕПР літака А-50 для горизонтальної поляризації складає 421,77 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 10,93 м².

На рис. 2.317, 2.318 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака А-50

Рис. 2.316. Кругова діаграма НЕПР моделі літака А-50





Рис. 2.318. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.319. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака А-50 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.320 приведена кругова діаграма ЕПР А-50. На рис. 2.321 приведена кругова діаграма НЕПР А-50.

Середня ЕПР літака А-50 для горизонтальної поляризації складає 380,58 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 13,18 м².

На рис. 2.322, 2.323 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.320. Кругова діаграма ЕПР моделі літака А-50

Рис. 2.321. Кругова діаграма НЕПР моделі літака А-50



Рис. 2.322. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.323. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.324. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.20. Радіолокаційні характеристики літака дальнього радіолокаційного виявлення Е-ЗА

Е-ЗА "Sentry" – літак ДРЛВ (рис. 2.325). Перший політ відбувся у 1972 році.

Характеристики Е-ЗА [32]: розмах крила – 44,42 м, довжина – 46,61 м, висота – 12,73 м, площа крила – 283,75 м², маса – 77 996...160 882 кг, тип двигуна – 4 ТРДД Pratt Whitney TF33-P-100/100A, крейсерська швидкість – 860 км/год, бойовий радіус дії – 1 612 км, практична стеля – 8 840 м.

Відповідно до конструкції Е-ЗА для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.326. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 52 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 19 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.325. Літак ДРЛВ Е-ЗА

Рис. 2.326. Модель поверхні літака ДРЛВ Е-ЗА

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Е-ЗА при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака E-3A при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.327 приведена кругова діаграма ЕПР Е-3А. На рис. 2.328 приведена кругова діаграма НЕПР Е-3А.

Середня ЕПР літака Е-ЗА для горизонтальної поляризації складає 519,70 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 17,74 м².

На рис. 2.329, 2.330 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.331, 2.336, 2.341 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.331. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака E-3A при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.332 приведена кругова діаграма ЕПР Е-3А. На рис. 2.333 приведена кругова діаграма НЕПР Е-3А.

Середня ЕПР літака Е-ЗА для горизонтальної поляризації складає 369,99 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 9,75 м².

На рис. 2.334, 2.335 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.332. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Е-ЗА

Рис. 2.333. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Е-3А





Рис. 2.335. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.336. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака E-3A при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.337 приведена кругова діаграма ЕПР Е-3А. На рис. 2.338 приведена кругова діаграма НЕПР Е-3А.

Середня ЕПР літака Е-ЗА для горизонтальної поляризації складає 240,05 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 6,34 м².

На рис. 2.339, 2.340 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.337. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Е-ЗА

Рис. 2.338. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Е-ЗА



Рис. 2.339. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.340. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.341. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.21. Радіолокаційні характеристики літака дальнього радіолокаційного виявлення E-2C

E-2С "Наwkeye-2000" – літак ДРЛВ (рис. 2.342). Перший політ відбувся у 1971 році.

Характеристики Е-2С [33]: розмах крила – 24,56 м, довжина – 17,54 м, висота – 5,58 м, площа крила – 65,03 м², маса – 17 265...23 556 кг, тип двигуна – 2 ТВД Allison Т-56-А-427, крейсерська швидкість – 576 км/год, бойовий радіус дії – 320 км, практична стеля – 9 390 м.

Відповідно до конструкції Е-2С для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.343. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 58 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 8 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.342. Літак ДРЛВ Е-2С



Рис. 2.343. Модель поверхні літака ДРЛВ Е-2С

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Е-2С при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака E-2C при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.344 приведена кругова діаграма ЕПР Е-2С. На рис. 2.345 приведена кругова діаграма НЕПР Е-2С.

Середня ЕПР літака Е-2С для горизонтальної поляризації складає 51,21 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 12,90 м².

На рис. 2.346, 2.347 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.348, 2.353, 2.358 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.348. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака E-2C при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.349 приведена кругова діаграма ЕПР Е-2С. На рис. 2.350 приведена кругова діаграма НЕПР Е-2С.

Середня ЕПР літака Е-2С для горизонтальної поляризації складає 36,42 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 10,80 м².

На рис. 2.351, 2.352 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



ис. 2.349. Кругова діаграма ЕПР моделя літака Е-2С

Рис. 2.350. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Е-2C




Рис. 2.352. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.353. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака E-2C при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.354 приведена кругова діаграма ЕПР Е-2С. На рис. 2.355 приведена кругова діаграма НЕПР Е-2С.

Середня ЕПР літака Е-2С для горизонтальної поляризації складає 38,90 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 10,93 м².

На рис. 2.356, 2.357 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.354. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Е-2С

Рис. 2.355. Кругова діаграма НЕПР моделі літака E-2C



Рис. 2.356. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.357. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.358. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.22. Радіолокаційні характеристики багатоцільового транспортного літака Ан-26

Ан-26 – багатоцільовий транспортний літак (рис. 2.359). Перший політ відбувся у 1971 році.

Характеристики Ан-26 [34]: розмах крила – 29,2 м, довжина – 23,8 м, висота – 8,58 м, площа крила – 74,98 м², маса – 15 020...23 800 кг, тип двигуна – основні 2 ТВД Прогресс (Ивченко) АИ-24ВТ та додатковий 1 ТРД МНПК Союз (Туманский) РУ-19А-300, крейсерська швидкість – 400 км/год, практична дальність – 3 600 км, практична стеля – 7 500 м.

Відповідно до конструкції Ан-26 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.360. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 40 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 18 прямих кромочних ділянок розсіювання.





Рис. 2.359. Багатоцільовий транспортний літак Ан-26

Рис. 2.360. Модель поверхні багатоцільового транспортного літака Ан-26

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Ан-26 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака Ан-26 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.361 приведена кругова діаграма ЕПР Ан-26. На рис. 2.362 приведена кругова діаграма НЕПР Ан-26.

Середня ЕПР літака Ан-26 для горизонтальної поляризації складає 64,18 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 7,58 м².

На рис. 2.363, 2.364 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.365, 2.370, 2.375 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.365. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака Ан-26 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.366 приведена кругова діаграма ЕПР Ан-26. На рис. 2.367 приведена кругова діаграма НЕПР Ан-26.

Середня ЕПР літака Ан-26 для горизонтальної поляризації складає 60,33 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 6,42 м².

На рис. 2.368, 2.369 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



літака Ан-26







Рис. 2.369. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.370. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака Ан-26 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.371 приведена кругова діаграма ЕПР Ан-26. На рис. 2.372 приведена кругова діаграма НЕПР Ан-26.

Середня ЕПР літака Ан-26 для горизонтальної поляризації складає 64,46 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 6,66 м².

На рис. 2.373, 2.374 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.371. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Ан-26

Рис. 2.372. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Ан-26



Рис. 2.373. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.374. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.375. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.23. Радіолокаційні характеристики військово-транспортного літака Іл-76

Іл-76 – військово-транспортний літак (рис. 2.376). Перший політ відбувся у 1971 році.

Характеристики Іл-76 [35]: розмах крила – 50,50 м, довжина – 46,59 м, висота – 14,76 м, площа крила – 300,0 м², маса – 92 000...190 000 кг, тип двигуна – 4 ТРДД Д-30КП, крейсерська швидкість – 850 км/год, практична дальність – 4 200...7 200 км, практична стеля – 12 000 м.

Відповідно до конструкції Іл-76 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.377. При моделюванні гладка частина поверхні літака була апроксимована за допомогою ділянок 76 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 12 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.376. Військово-транспортний літак Іл-76



Рис. 2.377. Модель поверхні військовотранспортного літака Іл-76

Нижче наведені деякі РЛХ моделі літака Іл-76 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі літака Іл-76 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.378 приведена кругова діаграма ЕПР Іл-76. На рис. 2.379 приведена кругова діаграма НЕПР Іл-76.

Середня ЕПР літака Іл-76 для горизонтальної поляризації складає 485,18 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 20,56 м².

На рис. 2.380, 2.381 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.382, 2.387, 2.392 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.382. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі літака Іл-76 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.383 приведена кругова діаграма ЕПР Іл-76. На рис. 2.384 приведена кругова діаграма НЕПР Іл-76.

Середня ЕПР літака Іл-76 для горизонтальної поляризації складає 384,45 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 8,95 м².

На рис. 2.385, 2.386 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.383. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Іл-76

Рис. 2.384. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Іл-76





Рис. 2.386. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.387. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі літака Іл-76 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.388 приведена кругова діаграма ЕПР Іл-76. На рис. 2.389 приведена кругова діаграма НЕПР Іл-76.

Середня ЕПР літака Іл-76 для горизонтальної поляризації складає 308,42 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення літака з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 9,77 м².

На рис. 2.390, 2.391 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.388. Кругова діаграма ЕПР моделі літака Іл-76

Рис. 2.389. Кругова діаграма НЕПР моделі літака Іл-76



Рис. 2.390. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.391. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.392. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.24. Радіолокаційні характеристики багатоцільового гелікоптера Мі-8

Мі-8 – багатоцільовий гелікоптер (рис. 2.393). Перший політ відбувся у 1961 році.

Характеристики Мі-8 [36]: діаметр головного гвинта – 21,3 м, довжина – 18,42 м, висота – 5,34 м, маса – 7 200...13 000 кг, тип двигуна – 2 ГТД Климов ТВЗ-117МТ, максимальна швидкість – 250 км/год, практична стеля – 5 000 м.

Відповідно до конструкції Мі-8 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.394. При моделюванні гладка частина поверхні гелікоптера була апроксимована за допомогою ділянок 96 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 11 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.393. Багатоцільовий гелікоптер Мі-8



Рис. 2.394. Модель поверхні багатоцільового гелікоптера Мі-8

Нижче наведені деякі РЛХ моделі гелікоптера Мі-8 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі гелікоптера Мі-8 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.395 приведена кругова діаграма ЕПР Мі-8. На рис. 2.396 приведена кругова діаграма НЕПР Мі-8.

Середня ЕПР гелікоптера Мі-8 для горизонтальної поляризації складає 41,80 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення гелікоптера з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 12,54 м².

На рис. 2.397, 2.398 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





160

На рис. 2.399, 2.404, 2.409 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.399. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі гелікоптера Мі-8 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.400 приведена кругова діаграма ЕПР Мі-8. На рис. 2.401 приведена кругова діаграма НЕПР Мі-8.

Середня ЕПР гелікоптера Мі-8 для горизонтальної поляризації складає 36,80 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення гелікоптера з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 11,25 м².

На рис. 2.402, 2.403 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.400. Кругова діаграма ЕПР моделі гелікоптера Мі-8

Рис. 2.401. Кругова діаграма НЕПР моделі гелікоптера Мі-8





Рис. 2.403. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.404. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі гелікоптера Мі-8 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.405 приведена кругова діаграма ЕПР Мі-8. На рис. 2.406 приведена кругова діаграма НЕПР Мі-8.

Середня ЕПР гелікоптера Мі-8 для горизонтальної поляризації складає 38,48 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення гелікоптера з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 12,43 м².

На рис. 2.407, 2.408 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.405. Кругова діаграма ЕПР моделі гелікоптера Мі-8

Рис. 2.406. Кругова діаграма НЕПР моделі гелікоптера Мі-8



Рис. 2.407. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.408. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.409. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.25. Радіолокаційні характеристики багатоцільового ударного гелікоптера Мі-24

Мі-24 — багатоцільовий ударний гелікоптер (рис. 2.410). Перший політ відбувся у 1970 році.

Характеристики Мі-24 [37]: діаметр головного гвинта – 17,3 м, довжина – 17,51 м, висота – 3,90 м, маса – 8 570...11 500 кг, тип двигуна – 2 ГТД Климов ТВЗ-117В, максимальна швидкість – 320 км/год, практична стеля – 4 500 м.

Відповідно до конструкції Мі-24 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.411. При моделюванні гладка частина поверхні гелікоптера була апроксимована за допомогою ділянок 86 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 12 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.410. Багатоцільовий ударний гелікоптер Мі-24



Рис. 2.411. Модель поверхні багатоцільового ударного гелікоптера Мі-24

Нижче наведені деякі РЛХ моделі гелікоптера Мі-24 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі гелікоптера Мі-24 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.412 приведена кругова діаграма ЕПР Мі-24. На рис. 2.413 приведена кругова діаграма НЕПР Мі-24.

Середня ЕПР гелікоптера Мі-24 для горизонтальної поляризації складає 55,83 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення гелікоптера з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 8,59 м².

На рис. 2.414, 2.415 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.416, 2.421, 2.426 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.416. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі гелікоптера Мі-24 при частоті опромінення З ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.417 приведена кругова діаграма ЕПР Мі-24. На рис. 2.418 приведена кругова діаграма НЕПР Мі-24.

Середня ЕПР гелікоптера Мі-24 для горизонтальної поляризації складає 48,37 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення гелікоптера з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 7,87 м².

На рис. 2.419, 2.420 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.417. Кругова діаграма ЕПР моделі гелікоптера Мі-24

Рис. 2.418. Кругова діаграма НЕПР моделі гелікоптера Мі-24





Рис. 2.420. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.421. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі гелікоптера Мі-24 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.422 приведена кругова діаграма ЕПР Мі-24. На рис. 2.423 приведена кругова діаграма НЕПР Мі-24.

Середня ЕПР гелікоптера Мі-24 для горизонтальної поляризації складає 48,69 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення гелікоптера з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 7,08 м².

На рис. 2.424, 2.425 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.422. Кругова діаграма ЕПР моделі гелікоптера Мі-24

Рис. 2.423. Кругова діаграма НЕПР моделі гелікоптера Мі-24



Рис. 2.424. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.425. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.426. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.26. Радіолокаційні характеристики тактичного розвідувального безпілотного літального апарату Ту-143 "Рейс"

Ту-143 "Рейс" – тактичний розвідувальний безпілотний літальний апарат (БПЛА) (рис. 2.427). Перший політ відбувся у 1970 році.

Характеристики Ту-143 "Рейс" [38]: розмах крила – 2,24 м, довжина – 8,06 м, висота – 1,545 м, площа крила – 2,9 м², маса – 1 230 кг, тип двигуна – ТРД ТРЗ-117 (640 кгс), крейсерська швидкість – 950 км/год, практична дальність – 180 км, практична стеля – 1 000 м.

Відповідно до конструкції Ту-143 "Рейс" для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.428. При моделюванні гладка частина поверхні БПЛА була апроксимована за допомогою ділянок 17 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 15 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.427. Тактичний розвідувальний БПЛА Ту-143 "Рейс"



Рис. 2.428. Модель поверхні тактичного розвідувального БПЛА Ту-143 "Рейс"

Нижче наведені деякі РЛХ моделі БПЛА Ту-143 "Рейс" при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі БПЛА Ту-143 "Рейс" при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.429 приведена кругова діаграма ЕПР Ту-143 "Рейс". На рис. 2.430 приведена кругова діаграма НЕПР Ту-143 "Рейс".

Середня ЕПР БПЛА Ту-143 "Рейс" для горизонтальної поляризації складає 4,07 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,15 м².

На рис. 2.431, 2.432 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.433, 2.438, 2.443 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.433. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі БПЛА Ту-143 "Рейс" при частоті опромінення З ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.434 приведена кругова діаграма ЕПР Ту-143 "Рейс". На рис. 2.435 приведена кругова діаграма НЕПР Ту-143 "Рейс".

Середня ЕПР БПЛА Ту-143 "Рейс" для горизонтальної поляризації складає 4,09 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,15 м².

На рис. 2.436, 2.437 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



2.434. Кругова діаграма ЕПР моде БПЛА Ту-143 "Рейс"

Рис. 2.435. Кругова діаграма НЕПР моделі БПЛА Ту-143 "Рейс"





Рис. 2.437. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.438. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі БПЛА Ту-143 "Рейс" при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.439 приведена кругова діаграма ЕПР Ту-143 "Рейс". На рис. 2.440 приведена кругова діаграма НЕПР Ту-143 "Рейс".

Середня ЕПР БПЛА Ту-143 "Рейс" для горизонтальної поляризації складає 3,37 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,20 м².

На рис. 2.441, 2.442 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.439. Кругова діаграма ЕПР моделі БПЛА Ту-143 "Рейс"

Рис. 2.440. Кругова діаграма НЕПР моделі БПЛА Ту-143 "Рейс"



Рис. 2.441. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.442. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.443. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.27. Радіолокаційні характеристики багатоцільового безпілотного літального апарату "Орлан-10"

"Орлан-10" – багатоцільовий БПЛА (рис. 2.444). Перший політ відбувся у 2010 році.

Характеристики "Орлан-10" [39]: розмах крила – 3,10 м, довжина – 1,10 м, маса – 18 кг, тип двигуна – 1 ДВС, крейсерська швидкість – 100…150 км/год, радіус дії – 50…120 км, практична стеля – 6 000 м.

Відповідно до конструкції "Орлан-10" для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.445. При моделюванні гладка частина поверхні БПЛА була апроксимована за допомогою ділянок 45 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 16 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.444. Багатоцільовий БПЛА "Орлан-10"

Рис. 2.445. Модель поверхні багатоцільового БПЛА "Орлан-10"

Нижче наведені деякі РЛХ моделі БПЛА "Орлан-10" при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі БПЛА "Орлан-10" при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.446 приведена кругова діаграма ЕПР "Орлан-10". На рис. 2.447 приведена кругова діаграма НЕПР "Орлан-10".

Середня ЕПР БПЛА "Орлан-10" для горизонтальної поляризації складає 0,22 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,03 м².

На рис. 2.448, 2.449 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.450, 2.455, 2.460 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.450. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі БПЛА "Орлан-10" при частоті опромінення З ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.451 приведена кругова діаграма ЕПР "Орлан-10". На рис. 2.452 приведена кругова діаграма НЕПР "Орлан-10".

Середня ЕПР БПЛА "Орлан-10" для горизонтальної поляризації складає 0,12 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,03 м².

На рис. 2.453, 2.454 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.451. Кругова діаграма ЕПР моделі БПЛА "Орлан-10"

Рис. 2.452. Кругова діаграма НЕПР моделі БПЛА "Орлан-10"


Рис. 2.453. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.454. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.455. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі БПЛА "Орлан-10" при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.456 приведена кругова діаграма ЕПР "Орлан-10". На рис. 2.457 приведена кругова діаграма НЕПР "Орлан-10".

Середня ЕПР БПЛА "Орлан-10" для горизонтальної поляризації складає 0,10 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,05 м².

На рис. 2.458, 2.459 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.458. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.459. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.460. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.28. Радіолокаційні характеристики дальнього розвідувального безпілотного літального апарату RQ-1 "Predator"

RQ-1 "Predator" – дальній розвідувальний БПЛА (рис. 2.461). Перший політ відбувся у 1994 році.

Характеристики RQ-1 [40]: розмах крила – 14,84 м, довжина – 8,23 м, висота – 2,21 м, маса – 430...1 020 кг, тип двигуна – 1 ПД Rotax 914 UL, крейсерська швидкість – 110...130 км/год, дальність польоту – 740 км, практична стеля – 6 000 м.

Відповідно до конструкції RQ-1 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.462. При моделюванні гладка частина поверхні БПЛА була апроксимована за допомогою ділянок 26 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 15 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.461. Дальній розвідувальний БПЛА RQ-1 "Predator"



Рис. 2.462. Модель поверхні дальнього розвідувального БПЛА RQ-1 "Predator"

Нижче наведені деякі РЛХ моделі БПЛА RQ-1 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі БПЛА RQ-1 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.463 приведена кругова діаграма ЕПР RQ-1. На рис. 2.464 приведена кругова діаграма НЕПР RQ-1.

Середня ЕПР БПЛА RQ-1 для горизонтальної поляризації складає 3,33 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,05 м².

На рис. 2.465, 2.466 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





На рис. 2.467, 2.472, 2.477 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.467. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі БПЛА RQ-1 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.468 приведена кругова діаграма ЕПР RQ-1. На рис. 2.469 приведена кругова діаграма НЕПР RQ-1.

Середня ЕПР БПЛА RQ-1 для горизонтальної поляризації складає 2,6 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,97 м².

На рис. 2.470, 2.471 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.









Рис. 2.471. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.472. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі БПЛА RQ-1 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.473 приведена кругова діаграма ЕПР RQ-1. На рис. 2.474 приведена кругова діаграма НЕПР RQ-1.

Середня ЕПР БПЛА RQ-1 для горизонтальної поляризації складає 2,51 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,67 м².

На рис. 2.475, 2.476 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.473. Кругова діаграма ЕПР моделі БПЛА RQ-1

Рис. 2.474. Кругова діаграма НЕПР моделі БПЛА RQ-1



Рис. 2.475. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.476. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.477. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.29. Радіолокаційні характеристики висотного розвідувального безпілотного літального апарату RQ-4 "Global Hawk"

RQ-4 "Global Hawk" – висотний розвідувальний БПЛА (рис. 2.478). Перший політ відбувся у 1994 році.

Характеристики RQ-4 [41]: розмах крила – 39,90 м, довжина – 14,50 м, висота – 4,70 м, площа крила – 50,00 м², маса – 6 781...14 628 кг, тип двигуна – 1 ТРДД Allison AE3007H, крейсерська швидкість – 639 км/год, радіус дії – 4 445 км, практична стеля – 18 288 м.

Відповідно до конструкції RQ-4 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.479. При моделюванні металеві поверхні БПЛА були апроксимовані за допомогою ділянок 50 трьохвісних еліпсоїдів. Діелектричні поверхні БПЛА були апроксимовані за допомогою ділянок 29 трьохвісних еліпсоїдів.



Рис. 2.478. Висотний розвідувальний БПЛА RQ-4 "Global Hawk"



Рис. 2.479. Модель поверхні висотного розвідувального БПЛА RQ-4 "Global Hawk"

Нижче наведені деякі РЛХ моделі БПЛА RQ-4 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі БПЛА RQ-4 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.480 приведена кругова діаграма ЕПР RQ-4. На рис. 2.481 приведена кругова діаграма НЕПР RQ-4.

Середня ЕПР БПЛА RQ-4 для горизонтальної поляризації складає 44,36 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 2,16 м².

На рис. 2.482, 2.483 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





На рис. 2.484, 2.489, 2.494 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.





РЛХ моделі БПЛА RQ-4 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.485 приведена кругова діаграма ЕПР RQ-4. На рис. 2.486 приведена кругова діаграма НЕПР RQ-4.

Середня ЕПР БПЛА RQ-4 для горизонтальної поляризації складає 40,23 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,32 м².

На рис. 2.487, 2.488 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



БПЛА RQ-4

БПЛА RQ-4





Рис. 2.488. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.489. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі БПЛА RO-4 при частоті опромінення 1 ГГи (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.490 приведена кругова діаграма ЕПР RQ-4. На рис. 2.491 приведена кругова діаграма НЕПР RQ-4.

Середня ЕПР БПЛА RQ-4 для горизонтальної поляризації складає 41,35 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю (0,5) для горизонтальної поляризації складає 1,35 м².

На рис. 2.492, 2.493 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



БПЛА RQ-4

БПЛА RQ-4



Рис. 2.492. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.493. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.494. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.30. Радіолокаційні характеристики середнього тактичного розвідувального безпілотного літального апарату RQ-7 "Shadow"

RQ-7 "Shadow" (рис. 2.495) – середній тактичний розвідувальний БПЛА. Перший політ відбувся у 1994 році.

Характеристики RQ-7 [42]: розмах крила – 3,89 м, довжина – 3,40 м, висота – 0,91 м, маса – 75...149 кг, тип двигуна – 1 ПД AR-741, максимальна швидкість – 227 км/год, дальність польоту – 125 км, практична стеля – 4 570 м.

Відповідно до конструкції RQ-7 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.496. При моделюванні металеві поверхні БПЛА були апроксимовані за допомогою ділянок 57 трьохвісних еліпсоїдів. Діелектричні поверхні БПЛА були апроксимовані за допомогою ділянок 37 трьохвісних еліпсоїдів.



Рис. 2.495. Середній тактичний розвідувальний БПЛА RQ-7 "Shadow"



Рис. 2.496. Модель поверхні середнього тактичного розвідувального БПЛА RQ-7 "Shadow"

Нижче наведені деякі РЛХ моделі БПЛА RQ-7 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі БПЛА RQ-7 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.497 приведена кругова діаграма ЕПР RQ-7. На рис. 2.498 приведена кругова діаграма НЕПР RQ-7.

Середня ЕПР БПЛА RQ-7 для горизонтальної поляризації складає 0,33 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,10 м².

На рис. 2.499, 2.500 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





На рис. 2.501, 2.506, 2.511 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.501. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі БПЛА RQ-7 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.502 приведена кругова діаграма ЕПР RQ-7. На рис. 2.503 приведена кругова діаграма НЕПР RQ-7.

Середня ЕПР БПЛА RQ-7 для горизонтальної поляризації складає 0,20 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,11 м².

На рис. 2.504, 2.505 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



БПЛА RQ-7

БПЛА RQ-7



Рис. 2.304. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.505. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.506. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі БПЛА RQ-7 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.507 приведена кругова діаграма ЕПР RQ-7. На рис. 2.508 приведена кругова діаграма НЕПР RQ-7.

Середня ЕПР БПЛА RQ-7 для горизонтальної поляризації складає 0,15 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення БПЛА з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,11 м².

На рис. 2.509, 2.510 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



БПЛА RQ-7





Рис. 2.509. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.510. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.511. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.31. Радіолокаційні характеристики стратегічної крилатої ракети Х-555

X-555 – стратегічна крилата ракета (КР) (подальший розвиток стратегічної КР X-55), яка призначена для застосування проти важливих стратегічних об'єктів противника з заздалегідь розвіданими координатами (рис. 2.512). КР X-55 прийнята на озброєння 31 грудня 1983 року. Носії – стратегічні бомбардувальники Ту-95, Ту-160.

Характеристики X-555 [43]: розмах крила – 3,1 м, довжина – 5,88...6,04 м, діаметр корпусу – 0,51...0,77 м, маса – 1 185...1 465 кг, тип двигуна – ТРДД-50, швидкість – 260 м/с, дальність польоту – 2 500...3 500 км.

Відповідно до конструкції X-555 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.513. При моделюванні металеві поверхні КР були апроксимовані за допомогою ділянок 57 тривісних еліпсоїдів. Діелектричні поверхні КР були апроксимовані за допомогою ділянок 37 тривісних еліпсоїдів.



Рис. 2.512. Стратегічна КР Х-555



Рис. 2.513. Модель поверхні стратегічної КР X-555

Нижче наведені деякі РЛХ моделі КР Х-555 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі КР X-555 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.514 приведена кругова діаграма ЕПР X-555. На рис. 2.515 приведена кругова діаграма НЕПР X-555.

Середня ЕПР КР X-555 для горизонтальної поляризації складає 1,74 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,14 м².

На рис. 2.516, 2.517 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.518, 2.523, 2.528 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.518. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі КР X-555 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см) На рис. 2.519 приведена кругова діаграма ЕПР X-555. На рис. 2.520 приведена кругова діаграма НЕПР X-555.

Середня ЕПР КР X-555 для горизонтальної поляризації складає 1,21 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,10 м².

На рис. 2.521, 2.522 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.







Рис. 2.522. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.523. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі КР Х-555 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см) На рис. 2.524 приведена кругова діаграма ЕПР Х-555. На рис. 2.525 приведена кругова діаграма НЕПР Х-555.

Середня ЕПР КР X-555 для горизонтальної поляризації складає 1,12 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,09 м².

На рис. 2.526, 2.527 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.524. Кругова діаграма ЕПР моделі КР X-555

Рис. 2.525. Кругова діаграма НЕПР моделі КР X-555



Рис. 2.526. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.527. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.528. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.32. Радіолокаційні характеристики стратегічної крилатої ракети Х-101

X-101 – стратегічна КР з засобами зниження радіолокаційної помітності (рис. 2.529), що здійснює політ з обгинанням рельєфу місцевості на малій висоті. Прийнята на озброєння у 2012 році. Носії X-101 – стратегічні бомбардувальники Ту-95, Ту-160. Ракета випускається в звичайному (X-101) і ядерному (X-102) оснащенні.

Характеристики X-101 [44]: розмах крила – 3 м, довжина – 7,45 м, діаметр корпусу – 0,742 м, маса – 2 200...2 400 кг, тип двигуна – ТРДД-50А, швидкість – 190...270 м/с, дальність польоту – 4 500...5 500 км.

Відповідно до конструкції X-101 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.530. При моделюванні металеві поверхні КР були апроксимовані за допомогою ділянок 28 тривісних еліпсоїдів. Діелектричні поверхні КР були апроксимовані за допомогою ділянок 9 тривісних еліпсоїдів.







Рис. 2.530. Модель поверхні стратегічної КР X-101

Нижче наведені деякі РЛХ моделі КР Х-101 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі КР X-101 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.531 приведена кругова діаграма ЕПР X-101. На рис. 2.532 приведена кругова діаграма НЕПР X-101.

Середня ЕПР КР X-101 для горизонтальної поляризації складає 1,76 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,08 м².

На рис. 2.533, 2.534 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.535, 2.540, 2.545 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.535. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі КР Х-101 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см) На рис. 2.536 приведена кругова діаграма ЕПР Х-101. На рис. 2.537 приведена кругова діаграма НЕПР Х-101.

Середня ЕПР КР X-101 для горизонтальної поляризації складає 0,86 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,07 м².

На рис. 2.538, 2.539 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.







Рис. 2.539. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.540. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі КР Х-101 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см) На рис. 2.541 приведена кругова діаграма ЕПР Х-101. На рис. 2.542 приведена кругова діаграма НЕПР Х-101.

Середня ЕПР КР X-101 для горизонтальної поляризації складає 0,98 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,09 м².

На рис. 2.543, 2.544 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.541. Кругова діаграма ЕПР моделі КР X-101

Рис. 2.542. Кругова діаграма НЕПР моделі КР X-101



Рис. 2.543. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.544. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.545. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

2.33. Радіолокаційні характеристики протикорабельної крилатої ракети П-800 "Яхонт"

П-800 "Яхонт" — крилата протикорабельна ракета (рис. 2.546), яка призначена для боротьби з надводними військово-морськими угрупованнями і поодинокими кораблями в умовах сильної вогневої і радіоелектронної протидії. Варіанти базування — надводний, підводний, наземний, авіаційний.

Характеристики П-800 [45]: розмах крила – 1,7 м, довжина – 8 м (корабельний варіант), маса – 2 500...3 000 кг, швидкість – 2,0...2,6 М, дальність польоту – 120...300 км.

Відповідно до конструкції П-800 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.547. При моделюванні гладка частина поверхні КР була апроксимована за допомогою ділянок 21 тривісного еліпсоїда. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 24 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.546. Протикорабельна КР П-800





Нижче наведені деякі РЛХ моделі КР П-800 при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі КР П-800 при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.548 приведена кругова діаграма ЕПР П-800. На рис. 2.549 приведена кругова діаграма НЕПР П-800.

Середня ЕПР КР П-800 для горизонтальної поляризації складає 8,89 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,01 м².

На рис. 2.550, 2.551 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.551. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

На рис. 2.552, 2.557, 2.562 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.552. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі КР П-800 при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см) На рис. 2.553 приведена кругова діаграма ЕПР П-800. На рис. 2.554 приведена кругова діаграма НЕПР П-800.

Середня ЕПР КР П-800 для горизонтальної поляризації складає 4,37 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,02 м².

На рис. 2.555, 2.556 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.






Рис. 2.556. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.557. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі КР П-800 при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см) На рис. 2.558 приведена кругова діаграма ЕПР П-800. На рис. 2.559 приведена кругова діаграма НЕПР П-800.

Середня ЕПР КР П-800 для горизонтальної поляризації складає 3,32 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,07 м².

На рис. 2.560, 2.561 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.558. Кругова діаграма ЕПР моделі КР П-800

Рис. 2.559. Кругова діаграма НЕПР моделі КР П-800



Рис. 2.560. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.561. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.562. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

Вирази та параметри розподілів ймовірності, що найбільш узгоджені з емпіричними розподілами квадратного кореня з ЕПР для різних діапазонів азимутів опромінення та поляризацій, наведені у електронному додатку до довідника. Там же наведені вирази та параметри розподілів ймовірності, що найбільш узгоджені з емпіричними розподілами ЕПР (енергетична характеристика) для різних діапазонів азимутів опромінення та поляризацій.

2.34. Радіолокаційні характеристики високоточної крилатої ракети 3М-14Е "Калібр"

3М-14Е "Калібр" – високоточна КР (рис. 2.563), призначена для ураження в простих і складних метеоумовах днем і вночі стаціонарних (малорухомих) наземних і морських цілей. Варіанти базування (в різноманітній конфігурації) – повітряний, наземний, надводний, підводний.

Характеристики 3М-14Е [46]: розмах крила – 2,7 м, довжина – 6,2 м, маса – 1 770 кг, тип двигуна – 37-01Э, швидкість – 180...240 м/с, дальність польоту – 2 600 км.

Відповідно до конструкції ЗМ-14Е для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.564. При моделюванні гладка частина поверхні КР була апроксимована за допомогою ділянок 16 тривісних еліпсоїдідів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 18 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.563. Високоточна КР 3М-14Е



Рис. 2.564. Модель поверхні високоточної КР 3М-14Е

Нижче наведені деякі РЛХ моделі КР 3М-14Е при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі КР 3М-14Е при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.565 приведена кругова діаграма ЕПР 3М-14Е. На рис. 2.566 приведена кругова діаграма НЕПР 3М-14Е.

Середня ЕПР КР 3М-14Е для горизонтальної поляризації складає 1,77 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,05 м².

На рис. 2.567, 2.568 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





На рис. 2.569, 2.574, 2.579 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.569. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі КР 3M-14E при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.570 приведена кругова діаграма ЕПР 3М-14Е. На рис. 2.571 приведена кругова діаграма НЕПР 3М-14Е.

Середня ЕПР КР 3М-14Е для горизонтальної поляризації складає 2,09 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,12 м².

На рис. 2.572, 2.573 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



КР 3M-14E





Рис. 2.573. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.574. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі КР 3М-14Е при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.575 приведена кругова діаграма ЕПР 3М-14Е. На рис. 2.576 приведена кругова діаграма НЕПР 3М-14Е.

Середня ЕПР КР 3М-14Е для горизонтальної поляризації складає 2,46 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,33 м².

На рис. 2.577, 2.578 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.575. Кругова діаграма ЕПР моделі КР 3М-14Е

Рис. 2.576. Кругова діаграма НЕПР моделі КР 3М-14Е



Рис. 2.577. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.578. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.579. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

Вирази та параметри розподілів ймовірності, що найбільш узгоджені з емпіричними розподілами квадратного кореня з ЕПР для різних діапазонів азимутів опромінення та поляризацій, наведені у електронному додатку до довідника. Там же наведені вирази та параметри розподілів ймовірності, що найбільш узгоджені з емпіричними розподілами ЕПР (енергетична характеристика) для різних діапазонів азимутів опромінення та поляризацій.

2.35. Радіолокаційні характеристики високоточної крилатої ракети 3М-54Е "Калібр"

3М-54Е "Калібр" – високоточна КР (рис. 2.580), призначена для ураження надводних кораблів всіх класів и типів як поодиноких, так і у складі групи, в умовах сильної радіоелектронної і вогневої протидії. Варіанти базування (в різноманітній конфігурації) – повітряний, наземний, надводний, підводний.

Характеристики 3М-54Е [47]: розмах крила — 2,7 м, довжина — 8,22 м, маса — 1 951 кг, швидкість — М = 0,6...0,8 (до 3 на кінцевій ділянці), дальність польоту — 220 км.

Відповідно до конструкції ЗМ-54Е для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.581. При моделюванні гладка частина поверхні КР була апроксимована за допомогою ділянок 25 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 22 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.580. Високоточна КР 3М-54Е



Рис. 2.581. Модель поверхні високоточної КР 3М-54Е

Нижче наведені деякі РЛХ моделі КР 3М-54Е при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі КР 3М-54Е при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.582 приведена кругова діаграма ЕПР 3М-54Е. На рис. 2.583 приведена кругова діаграма НЕПР 3М-54Е.

Середня ЕПР КР 3М-54Е для горизонтальної поляризації складає 1,84 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,08 м².

На рис. 2.584, 2.585 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

На рис. 2.586, 2.591, 2.596 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.586. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі КР 3M-54E при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.587 приведена кругова діаграма ЕПР 3М-54Е. На рис. 2.588 приведена кругова діаграма НЕПР 3М-54Е.

Середня ЕПР КР 3М-54Е для горизонтальної поляризації складає 2,01 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,18 м².

На рис. 2.589, 2.590 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



KP 3M-54E

KP 3M-54E



Рис. 2.589. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.590. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.591. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі КР 3М-54Е при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.592 приведена кругова діаграма ЕПР 3М-54Е. На рис. 2.593 приведена кругова діаграма НЕПР 3М-54Е.

Середня ЕПР КР 3М-54Е для горизонтальної поляризації складає 2,51 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,27 м².

На рис. 2.594, 2.595 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





Рис. 2.594. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.595. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.596. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

Вирази та параметри розподілів ймовірності, що найбільш узгоджені з емпіричними розподілами квадратного кореня з ЕПР для різних діапазонів азимутів опромінення та поляризацій, наведені у електронному додатку до довідника. Там же наведені вирази та параметри розподілів ймовірності, що найбільш узгоджені з емпіричними розподілами ЕПР (енергетична характеристика) для різних діапазонів азимутів опромінення та поляризацій.

2.36. Радіолокаційні характеристики крилатої ракети AGM-86C CALCM

AGM-86C CALCM – крилата ракета (рис. 2.597). Перший політ відбувся у 1980 році.

Характеристики AGM-86C CALCM [48]: розмах крила – 3,66 м, довжина – 6,32 м, маса – 1 950 кг, тип двигуна – 1 ДТРД F107-WR-101, швидкість – 800 км/год, дальність польоту – 1 200 км.

Відповідно до конструкції AGM-86C CALCM для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 2.598. При моделюванні гладка частина поверхні КР була апроксимована за допомогою ділянок 12 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 15 прямих кромочних ділянок розсіювання.



Рис. 2.597. КР АGМ-86С САLСМ



Рис. 2.598. Модель поверхні КР AGM-86C CALCM

Нижче наведені деякі РЛХ моделі КР AGM-86C CALCM при частотах опромінення 10 ГГц, 3 ГГц, 1 ГГц (довжини хвиль 3 см, 10 см та 30 см, відповідно) для горизонтальної поляризації зондуючого сигналу. РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях, а також РЛХ при частотах опромінення 5 ГГц, 1,3 ГГц (довжини хвиль 6 см та 23 см, відповідно) наведені у електронному додатку до довідника.

Параметри опромінення: кут місця зондування –3 градуси відносно площини горизонту (зондування з нижньої напівсфери), крок зміни азимуту зондування 0,02 градуса, азимут відраховується в градусах від носового ракурсу (0 градусів – зондування в ніс, 180 градусів – зондування у хвіст).

РЛХ моделі КР AGM-86C CALCM при частоті опромінення 10 ГГц (довжина хвилі 3 см)

На рис. 2.599 приведена кругова діаграма ЕПР AGM-86C CALCM. На рис. 2.600 приведена кругова діаграма НЕПР AGM-86C CALCM.

Середня ЕПР КР AGM-86C CALCM для горизонтальної поляризації складає 2,67 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,07 м².

На рис. 2.601, 2.602 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.602. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

00-120

120-140

60-180

β, град.

40-160

0,001

0-20

20-40

40-60

60-80

80-100

На рис. 2.603, 2.608, 2.613 наведено гістограми амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів (опромінення з носу). Жирною лінією наведені функції щільності ймовірності розподілу, якими можна апроксимувати гістограму амплітудного множника.



Рис. 2.603. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 10 ГГц

РЛХ моделі КР AGM-86C CALCM при частоті опромінення 3 ГГц (довжина хвилі 10 см)

На рис. 2.604 приведена кругова діаграма ЕПР AGM-86C CALCM. На рис. 2.605 приведена кругова діаграма НЕПР AGM-86C CALCM.

Середня ЕПР КР AGM-86C CALCM для горизонтальної поляризації складає 2,07 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,10 м².

На рис. 2.606, 2.607 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.







Рис. 2.607. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.608. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 3 ГГц

РЛХ моделі КР AGM-86C CALCM при частоті опромінення 1 ГГц (довжина хвилі 30 см)

На рис. 2.609 приведена кругова діаграма ЕПР AGM-86C CALCM. На рис. 2.610 приведена кругова діаграма НЕПР AGM-86C CALCM.

Середня ЕПР КР AGM-86C CALCM для горизонтальної поляризації складає 1,69 м². Кругова медіанна ЕПР (значення ЕПР, яке використовується при розрахунках дальності виявлення КР з ймовірністю 0,5) для горизонтальної поляризації складає 0,13 м².

На рис. 2.611, 2.612 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення (ніс, бік, хвіст) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 2.609. Кругова діаграма ЕПР моделі КР AGM-86C CALCM

Рис. 2.610. Кругова діаграма НЕПР моделі КР AGM-86C CALCM



Рис. 2.611. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.612. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 2.613. Гістограма амплітудного множника (квадратного кореня з ЕПР) відбитого сигналу для діапазону азимутів опромінення –20…+20 градусів та частоті опромінення 1 ГГц

Вирази та параметри розподілів ймовірності, що найбільш узгоджені з емпіричними розподілами квадратного кореня з ЕПР для різних діапазонів азимутів опромінення та поляризацій, наведені у електронному додатку до довідника. Там же наведені вирази та параметри розподілів ймовірності, що найбільш узгоджені з емпіричними розподілами ЕПР (енергетична характеристика) для різних діапазонів азимутів опромінення та поляризацій.

3. ХАРАКТЕРИСТИКИ РОЗСІЮВАННЯ НАЗЕМНИХ ОБ'ЄКТІВ

На основі розроблених методів розрахунку радіолокаційних характеристик наземних об'єктів [1, 2] проведено математичне моделювання та отримані дані для 10 наземних об'єктів.

Характеристики розсіювання були отримані для наступних основних кутів місця зондування (рис. 3.1): 1° (зондування наземними радіолокаційними системами); 10° та 30° (зондування радіолокаційними системами повітряних об'єктів). Крок зміни азимута зондування дорівнював 1°, азимут β відраховувався від лобового ракурсу (0° відповідає зондуванню спереду об'єкту, 180° – зондуванню ззаду об'єкту). Результати розрахунків наведені для трьох частот опромінення: 10 ГГц, 5 ГГц, 3 ГГц (довжина хвилі 3 см, 6 см, 10 см, відповідно). Розглянуто три варіанти підстилаючої поверхні: сухий суглинок, суха та мокра земля (відносна діелектрична проникність відповідно $\epsilon' = 3 + j0, 4$, $\epsilon' = 7 + j0, 1$, $\epsilon' = 30 + j0, 6$).



Рис. 3.1. Геометрія опромінення наземного об'єкту

Характеристики розсіювання отримані для випадку суміщеного прийому на двох ортогональних поляризаціях зондуючого сигналу: горизонтальній – вектор напруженості електричного поля падаючої хвилі \vec{p}_{Γ}^{0} паралельний до підстилаючої повехні та вертикальній – вектор напруженості електричного поля падаючої хвилі \vec{p}_{B}^{0} ортогональний до \vec{p}_{Γ}^{0} і лежить у площині, яка перпендикулярна підстилаючій поверхні та проходить крізь вектор напрямку розповсюдження падаючої плоскої хвилі \vec{R}^{0} (рис. 3.1).

3.1. Особливості впливу підстилаючої поверхні на рівень вторинного випромінювання наземного об'єкта

Крім різноманітних факторів, які впливають на рівень вторинного випромінювання наземного об'єкта, чималу роль відіграє підстилаюча поверхня, на якій розташований об'єкт. У роботі, присвяченій розсіянню електромагнітних хвиль повітряними і наземними радіолокаційними об'єктами [49], було показано, що коли наземний об'єкт опромінюється електромагнітною хвилею горизонтальної поляризації, найбільший рівень його вторинного випромінювання буде спостерігатись в присутності підстилаючої поверхні з параметрами мокрої землі, найменший – з параметрами сухого суглинку, приблизно середній рівень вторинного випромінювання між цими типами підстилаючої поверхні відповідає ґрунту з параметрами сухої землі у всьому діапазоні кутів місця випромінювання зондуючого сигналу.

У зв'язку з вищезазначеним виникає інтерес більш детального дослідження рівня відбиття електромагнітних хвиль від різних типів підстилаючої поверхні при довільних умовах випромінювання. Цей рівень може бути описаний модулем коефіцієнта відбиття від підстилаючої поверхні |p|, який залежить від поляризації електромагнітної хвилі, кута місця випромінювання зондуючого сигналу та параметрів підстилаючої поверхні (рис. 3.2, 3.3).



(горизонтальна поляризація)

Рис. 3.3. Модуль коефіцієнта відбиття (вертикальна поляризація)

Кожна з ліній на обох рис. відповідає |p| для окремої з дев'яти типів підстилаючої поверхні, наведеними у якості прикладу, які відмічені відповідними цифрами: 1 – сухий суглинок, 2 – польовий шпат-кварц, 3 – суха земля, 4 – граніт, 5 – піщаник, 6 – вапняк-базальт, 7 – волога земля, 8 – вологий 20 % суглинок, 9 – мокра земля.

Аналіз рис. 3.2 показує, що на кутах місця випромінювання зондуючого сигналу, близьких до 0°, |p| для різних типів підстилаючої поверхні практично не відрізняється, і тому рівень вторинного випромінювання об'єкта на цих кутах місця можна вважати однаковим незалежно від параметрів підстилаючої поверхні, на якій він розташований. Із збільшенням кута місця випромінювання зондуючого сигналу спостерігається все більша взаємна відмінність значень |p| між різними типами підстилаючої поверхні.

У випадку вертикальної поляризації зондуючого сигналу (рис. 3.3) поведінка |p| суттєво відрізняється від тієї, що спостерігалась при горизонтальній поляризації сигналу. Наприклад, |p| мокрої землі зберігає найменші значення у порівнянні з усіма іншими модулями коефіцієнтів відбиття у діапазоні кутів місця від 0° до, приблизно, 12°. Починаючи з кута місця 12° значення |p| мокрої землі поступово перевищують значення |p| інших типів поверхонь і, починаючи з кута місця, приблизно, 17°, |p| мокрої землі має найбільші значення, тобто, рівень вторинного випромінювання об'єкта, розташованого на мокрій землі, буде найбільший у порівнянні з підстилаючими поверхнями інших типів. Аналізуючи графік |p| сухого суглинку можна бачити, що свої найбільші значення по відношенню до |p| інших типів поверхонь він зберігає до кута місця зондуючого сигналу, приблизно, 17°.

Починаючи з кута місця 17° значення |p| для сухого суглинку поступово зменшуються по відношенню до модулей коефіцієнтів відбиття інших типів поверхонь і, починаючи з кута місця зондуючого сигналу, приблизно, 28,5°, приймають найменші значення.

3.2. Радіолокаційні характеристики основного бойового танка Т-90

Основний бойовий танк Т-90 є останньою модифікацію машини Т-72. Прийнятий на озброєння у 1993 році. Характеристики Т-90 (рис. 3.4): довжина танка з гарматою – 9,53 м, ширина – 3,46 м, висота – 2,23 м, маса – 46,5 т [50].

У відповідності з конструкцією Т-90 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 3.5. При моделюванні гладка частина поверхні була апроксимована за допомогою ділянок 89 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 34 прямих кромочних ділянок розсіяння.



Рис. 3.4. Танк Т-90

Рис. 3.5. Модель танку Т-90

Нижче наведені деякі РЛХ моделі танку Т-90 для частоти $f = 10\Gamma\Gamma\mu$ за наступних умов: кут місця опромінення $\gamma = 10^{\circ}$, мокра земля та кут місця опромінення $\gamma = 30^{\circ}$, сухий суглинок.

РЛХ моделі танку T-90 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, горизонтальна поляризація

На рис. 3.6 наведена кругова діаграма ЕПР танку Т-90. На рис. 3.7 наведена кругова діаграма НЕПР танку Т-90. Середня кругова ЕПР танку Т-90 складає 6 057,88 м². Кругова медіанна ЕПР складає 20,71 м².

На рис. 3.8, 3.9 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

240

РЛХ моделі танку T-90 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, вертикальна поляризація

На рис. 3.10 наведена кругова діаграма ЕПР танку Т-90. На рис. 3.11 наведена кругова діаграма НЕПР танку Т-90. Середня кругова ЕПР танку Т-90 складає 50,40 м². Кругова медіанна ЕПР складає 4,76 м².

На рис. 3.12, 3.13 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 3.10. Кругова діаграма ЕПР моделі танку Т-90

Рис. 3.11. Кругова діаграма НЕПР моделі танку Т-90





азимутів опромінення

РЛХ моделі танку T-90 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, горизонтальна поляризація

На рис. 3.14 наведена кругова діаграма ЕПР танку Т-90. На рис. 3.15 наведена кругова діаграма НЕПР танку Т-90. Середня кругова ЕПР танку Т-90 складає 1 261,44 м². Кругова медіанна ЕПР складає 3,97 м².

На рис. 3.16, 3.17 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



танку Т-90

танку Т-90





азимутів опромінення

РЛХ моделі танку T-90 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, вертикальна поляризація

На рис. 3.18 наведена кругова діаграма ЕПР танку Т-90. На рис. 3.19 наведена кругова діаграма НЕПР танку Т-90. Середня кругова ЕПР танку Т-90 складає 43,36 м². Кругова медіанна ЕПР складає 2,74 м².

На рис. 3.20, 3.21 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.

РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях наведені у електронному додатку до довідника. РЛХ отримані для частот опромінення 10 ГГц, 5 ГГц, 3 ГГц (довжини хвиль 3 см, 6 см та 10 см, відповідно), трьох варіантів земної поверхні (сухий суглинок, суха земля, мокра земля) та трьох кутів місця опромінення ($\gamma = 1^{\circ}, 10^{\circ}, 30^{\circ}$).





Рис. 3.19. Кругова діаграма НЕПР моделі танку Т-90







244

3.3. Радіолокаційні характеристики основного бойового танка Leopard-2

Основний бойовий танк Leopard-2 є одним з найбільш успішних проектів останнього покоління основних бойових танків. Загальна кількість вироблених танків складає 3 200 одиниць. Прийнятий на озброєння у 1979 році. Характеристики Leopard-2 (рис. 3.22): довжина танка з гарматою – 9,67 м, ширина – 3,70 м, висота – 2,48 м, маса – 55,15 т [51].

У відповідності з конструкцією Leopard-2 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 3.23. При моделюванні гладка частина поверхні була апроксимована за допомогою ділянок 57 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 24 прямих кромочних ділянок розсіяння.



Рис. 3.22. Танк Leopard-2



Рис. 3.23. Модель танку Leopard-2

Нижче наведені деякі РЛХ моделі танку Leopard-2 для частоти $f = 10\Gamma\Gamma\mu$ за наступних умов: кут місця опромінення $\gamma = 10^{\circ}$, мокра земля та кут місця опромінення $\gamma = 30^{\circ}$, сухий суглинок.

РЛХ моделі танку Leopard-2 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, горизонтальна поляризація

На рис. 3.24 наведена кругова діаграма ЕПР танку Leopard-2. На рис. 3.25 наведена кругова діаграма НЕПР танку Leopard-2. Середня кругова ЕПР танку Leopard-2 складає 3 212,71 м². Кругова медіанна ЕПР складає 7,38 м².

На рис. 3.26, 3.27 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



танку Leopard-2

танку Leopard-2







азимутів опромінення

РЛХ моделі танку Leopard-2 при $f = 10\Gamma\Gamma \mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, вертикальна поляризація

На рис. 3.28 наведена кругова діаграма ЕПР танку Leopard-2. На рис. 3.29 наведена кругова діаграма НЕПР танку Leopard-2. Середня кругова ЕПР танку Leopard-2 складає 14,67 м². Кругова медіанна ЕПР складає 0,61 м².

На рис. 3.30, 3.32 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



танку Leopard-2

Рис. 3.29. Кругова діаграма НЕПР моделі танку Leopard-2



Рис. 3.30. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



азимутів опромінення

РЛХ моделі танку Leopard-2 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, горизонтальна поляризація

На рис. 3.32 наведена кругова діаграма ЕПР танку Leopard-2. На рис. 3.33 наведена кругова діаграма НЕПР танку Leopard-2. Середня кругова ЕПР танку Leopard-2 складає 4 131,92 м². Кругова медіанна ЕПР складає 1,64 м².

На рис. 3.34, 3.35 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

РЛХ моделі танку Leopard-2 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, вертикальна поляризація

На рис. 3.36 наведена кругова діаграма ЕПР танку Leopard-2. На рис. 3.37 наведена кругова діаграма НЕПР танку Leopard-2. Середня кругова ЕПР танку Leopard-2 складає 143,48 м². Кругова медіанна ЕПР складає 0,80 м².

На рис. 3.38, 3.39 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.

РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях наведені у електронному додатку до довідника. РЛХ отримані для частот опромінення 10 ГГц, 5 ГГц, 3 ГГц (довжини хвиль 3 см, 6 см та 10 см, відповідно), трьох варіантів земної поверхні (сухий суглинок, суха земля, мокра земля) та трьох кутів місця опромінення ($\gamma = 1^{\circ}, 10^{\circ}, 30^{\circ}$).



азимутів опромінення

3.4. Радіолокаційні характеристики основного бойового танка M1 Abrams

Основний бойовий танк M1 Abrams почав виготовлятись у 1980 році. Загальна кількість вироблених танків складає понад 10 000 одиниць. Прийнятий на озброєння у 1981 році. Характеристики M1 Abrams (рис. 3.40): довжина танка з гарматою – 9,83 м, ширина – 3,65 м, висота – 2,44 м, маса – 57,15 т [52].

У відповідності з конструкцією M1 Abrams для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель його поверхні, яка представлена на рис. 3.41. При моделюванні гладка частина поверхні була апроксимована за допомогою ділянок 53 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 22 прямих кромочних ділянок розсіяння.



Рис. 3.40. Танк M1 Abrams

Рис. 3.41. Модель танку M1 Abrams

Нижче наведені деякі РЛХ моделі танку М1 Abrams для частоти $f = 10\Gamma\Gamma$ ц за наступних умов: кут місця опромінення $\gamma = 10^{\circ}$, мокра земля та кут місця опромінення $\gamma = 30^{\circ}$, сухий суглинок.

РЛХ моделі танку M1 Abrams при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, горизонтальна поляризація

На рис. 3.42 наведена кругова діаграма ЕПР танку М1 Abrams. На рис. 3.43 наведена кругова діаграма НЕПР танку М1 Abrams. Середня кругова ЕПР танку М1 Abrams складає 8 339,06 м². Кругова медіанна ЕПР складає 9,31 м².

На рис. 3.44, 3.45 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.












азимутів опромінення

РЛХ моделі танку M1 Abrams при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, вертикальна поляризація

На рис. 3.46 наведена кругова діаграма ЕПР танку М1 Abrams. На рис. 3.47 наведена кругова діаграма НЕПР танку М1 Abrams. Середня кругова ЕПР танку М1 Abrams складає 10,92 м². Кругова медіанна ЕПР складає 0,73 м².

На рис. 3.48, 3.49 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 3.46. Кругова діаграма ЕПР моделі танку M1 Abrams

Рис. 3.47. Кругова діаграма НЕПР моделі танку M1 Abrams



Рис. 3.48. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



азимутів опромінення

РЛХ моделі танку M1 Abrams при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, горизонтальна поляризація

На рис. 3.50 наведена кругова діаграма ЕПР танку М1 Abrams. На рис. 3.51 наведена кругова діаграма НЕПР танку М1 Abrams. Середня кругова ЕПР танку М1 Abrams складає 3 723,08 м². Кругова медіанна ЕПР складає 2,30 м².

На рис. 3.52, 3.53 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





Рис. 3.52. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



азимутів опромінення

РЛХ моделі танку M1 Abrams при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, вертикальна поляризація

На рис. 3.54 наведена кругова діаграма ЕПР танку М1 Abrams. На рис. 3.55 наведена кругова діаграма НЕПР танку М1 Abrams. Середня кругова ЕПР танку М1 Abrams складає 553,11 м². Кругова медіанна ЕПР складає 0,93 м².

На рис. 3.56, 3.57 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.

РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях наведені у електронному додатку до довідника. РЛХ отримані для частот опромінення 10 ГГц, 5 ГГц, 3 ГГц (довжини хвиль 3 см, 6 см та 10 см, відповідно), трьох варіантів земної поверхні (сухий суглинок, суха земля, мокра земля) та трьох кутів місця опромінення ($\gamma = 1^{\circ}, 10^{\circ}, 30^{\circ}$).





азимутів опромінення

3.5. Радіолокаційні характеристики станції виявлення цілей 9С18М1

Трикоординатна військова мобільна радіолокаційна станція виявлення цілей (СВЦ) 9С18М1 (рис. 3.58) призначена для виявлення і впізнавання повітряних цілей, передачі радіолокаційної інформації на ПБУ 9С470 [53].

У відповідності з конструкцією СВЦ 9С18М1 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель її поверхні, яка представлена на рис. 3.59. При моделюванні гладка частина поверхні була апроксимована за допомогою ділянок 140 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 94 прямих кромочних ділянок розсіяння.



Рис. 3.58. СВЦ 9С18М1

Рис. 3.59. Модель СВЦ 9С18М1

Нижче наведені деякі РЛХ моделі СВЦ 9С18М1 для частоти $f = 10\Gamma\Gamma\mu$ за наступних умов: кут місця опромінення $\gamma = 10^{\circ}$, мокра земля та кут місця опромінення $\gamma = 30^{\circ}$, сухий суглинок.

РЛХ моделі СВЦ 9С18М1 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^{\circ}$, мокра земля, горизонтальна поляризація

На рис. 3.60 наведена кругова діаграма ЕПР СВЦ 9С18М1. На рис. 3.61 наведена кругова діаграма НЕПР СВЦ 9С18М1. Середня кругова ЕПР СВЦ 9С18М1 складає 72 447,67 м². Кругова медіанна ЕПР складає 5 513,64 м².

На рис. 3.62, 3.63 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





Рис. 3.61. Кругова діаграма НЕПР моделі СВЦ 9С18М1



Рис. 3.62. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



азимутів опромінення

РЛХ моделі СВЦ 9С18М1 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, вертикальна поляризація

На рис. 3.64 наведена кругова діаграма ЕПР СВЦ 9С18М1. На рис. 3.65 наведена кругова діаграма НЕПР СВЦ 9С18М1. Середня кругова ЕПР СВЦ 9С18М1 складає 7 117,47 м². Кругова медіанна ЕПР складає 3 978,19 м².

На рис. 3.66, 3.67 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



СВЦ 9С18М1

СВЦ 9С18М1



Рис. 3.66. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



азимутів опромінення

РЛХ моделі СВЦ 9С18М1 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, горизонтальна поляризація

На рис. 3.68 наведена кругова діаграма ЕПР СВЦ 9С18М1. На рис. 3.69 наведена кругова діаграма НЕПР СВЦ 9С18М1. Середня кругова ЕПР СВЦ 9С18М1 складає 14 031,76 м². Кругова медіанна ЕПР складає 1 503,05 м².

На рис. 3.70, 3.71 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.







азимутів опромінення

РЛХ моделі СВЦ 9С18М1 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, вертикальна поляризація

На рис. 3.72 наведена кругова діаграма ЕПР СВЦ 9С18М1. На рис. 3.73 наведена кругова діаграма НЕПР СВЦ 9С18М1. Середня кругова ЕПР СВЦ 9С18М1 складає 4 661,83 м². Кругова медіанна ЕПР складає 1 228,58 м².

На рис. 3.74, 3.75 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.

РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях наведені у електронному додатку до довідника. РЛХ отримані для частот опромінення 10 ГГц, 5 ГГц, 3 ГГц (довжини хвиль 3 см, 6 см та 10 см, відповідно), трьох варіантів земної поверхні (сухий суглинок, суха земля, мокра земля) та трьох кутів місця опромінення ($\gamma = 1^{\circ}, 10^{\circ}, 30^{\circ}$).





Рис. 3.73. Кругова діаграма НЕПР моделі СВЦ 9С18М1







азимутів опромінення

3.6. Радіолокаційні характеристики самохідної вогневої установки 9А310М1

Самохідна вогнева установка (СВУ) 9А310М1 (рис. 3.76) призначена для пошуку у призначеному секторі, виявлення, супроводження і підсвітки обраних для обстрілу цілей, транспортування, попереднього наводження і пуску по них ракет [53].

У відповідності з конструкцією СВУ 9А310М1 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель її поверхні, яка представлена на рис. 3.77. При моделюванні гладка частина поверхні була апроксимована за допомогою ділянок 105 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 53 прямих кромочних ділянок розсіяння.



Рис. 3.76. СВУ 9А310М1

Рис. 3.77. Модель СВУ 9А310М1

Нижче наведені деякі РЛХ моделі СВУ 9А310М1 для частоти $f = 10\Gamma\Gamma\mu$ за наступних умов: кут місця опромінення $\gamma = 10^{\circ}$, мокра земля та кут місця опромінення $\gamma = 30^{\circ}$, сухий суглинок.

РЛХ моделі CBУ 9A310M1 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^{\circ}$, мокра земля, горизонтальна поляризація

На рис. 3.78 наведена кругова діаграма ЕПР СВУ 9А310М1. На рис. 3.79 наведена кругова діаграма НЕПР СВУ 9А310М1. Середня кругова ЕПР СВУ 9А310М1 складає 49 970,38 м². Кругова медіанна ЕПР складає 396,16 м².

На рис. 3.80, 3.81 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.













азимутів опромінення

РЛХ моделі CBV 9A310M1 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, вертикальна поляризація

На рис. 3.82 наведена кругова діаграма ЕПР СВУ 9А310М1. На рис. 3.83 наведена кругова діаграма НЕПР СВУ 9А310М1. Середня кругова ЕПР СВУ 9А310М1 складає 56,25 м². Кругова медіанна ЕПР складає 17,45 м².

На рис. 3.84, 3.85 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 3.82. Кругова діаграма ЕПР моделі СВУ 9А310М1

Рис. 3.83. Кругова діаграма НЕПР моделі СВУ 9А310М1



Рис. 3.84. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



РЛХ моделі CBУ 9A310M1 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, горизонтальна поляризація

На рис. 3.86 наведена кругова діаграма ЕПР СВУ 9А310М1. На рис. 3.87 наведена кругова діаграма НЕПР СВУ 9А310М1. Середня кругова ЕПР СВУ 9А310М1 складає 12 606,76 м². Кругова медіанна ЕПР складає 101,31 м².

На рис. 3.88, 3.89 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.







азимутів опромінення

РЛХ моделі CBV 9A310M1 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, вертикальна поляризація

На рис. 3.90 наведена кругова діаграма ЕПР СВУ 9А310М1. На рис. 3.91 наведена кругова діаграма НЕПР СВУ 9А310М1. Середня кругова ЕПР СВУ 9А310М1 складає 1 485,09 м². Кругова медіанна ЕПР складає 16,89 м².

На рис. 3.92, 3.93 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.

РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях наведені у електронному додатку до довідника. РЛХ отримані для частот опромінення 10 ГГц, 5 ГГц, 3 ГГц (довжини хвиль 3 см, 6 см та 10 см, відповідно), трьох варіантів земної поверхні (сухий суглинок, суха земля, мокра земля) та трьох кутів місця опромінення ($\gamma = 1^{\circ}, 10^{\circ}, 30^{\circ}$).



СВУ 9А310М1

Рис. 3.91. Кругова діаграма НЕПР моделі СВУ 9А310М1







азимутів опромінення

3.7. Радіолокаційні характеристики пускової установки 5П85Д

Пускова установка (ПУ) 5П85Д (рис. 3.94) призначена для оборони адміністративних і промислових об'єктів, стаціонарних пунктів управління, штабів і військових баз від ударів стратегічної і тактичної авіації, а також крилатих ракет [54].

У відповідності з конструкцією ПУ 5П85Д для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель її поверхні, яка представлена на рис. 3.95. При моделюванні гладка частина поверхні була апроксимована за допомогою ділянок 156 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 115 прямих кромочних ділянок розсіяння.



Рис. 3.94. ПУ 5П85Д

Рис. 3.95. Модель ПУ 5П85Д

Нижче наведені деякі РЛХ моделі ПУ 5П85Д для частоти $f = 10\Gamma\Gamma$ ц за наступних умов: кут місця опромінення $\gamma = 10^{\circ}$, мокра земля та кут місця опромінення $\gamma = 30^{\circ}$, сухий суглинок.

РЛХ моделі ПУ 5П85Д при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, горизонтальна поляризація

На рис. 3.96 наведена кругова діаграма ЕПР ПУ 5П85Д. На рис. 3.97 наведена кругова діаграма НЕПР ПУ 5П85Д. Середня кругова ЕПР ПУ 5П85Д складає 77 429,40 м². Кругова медіанна ЕПР складає 18 919,27 м².

На рис. 3.98, 3.99 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



РЛХ моделі ПУ 5П85Д при f = 10ГГц, γ = 10°, мокра земля, вертикальна поляризація

На рис. 3.100 наведена кругова діаграма ЕПР ПУ 5П85Д. На рис. 3.101 наведена кругова діаграма НЕПР ПУ 5П85Д. Середня кругова ЕПР ПУ 5П85Д складає 5 253,77 м². Кругова медіанна ЕПР складає 277,73 м².

На рис. 3.102, 3.103 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



ПУ 5П85Д





Рис. 3.102. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



азимутів опромінення

РЛХ моделі ПУ 5П85Д при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, горизонтальна поляризація

На рис. 3.104 наведена кругова діаграма ЕПР ПУ 5П85Д. На рис. 3.105 наведена кругова діаграма НЕПР ПУ 5П85Д. Середня кругова ЕПР ПУ 5П85Д складає 21 914,79 м². Кругова медіанна ЕПР складає 8 191,45 м².

На рис. 3.106, 3.107 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

РЛХ моделі ПУ 5П85Д при $f = 10\Gamma\Gamma \mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, вертикальна поляризація

На рис. 3.108 наведена кругова діаграма ЕПР ПУ 5П85Д. На рис. 3.109 наведена кругова діаграма НЕПР ПУ 5П85Д. Середня кругова ЕПР ПУ 5П85Д складає 5 786,32 м². Кругова медіанна ЕПР складає 372,21 м².

На рис. 3.110, 3.111 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.

РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях наведені у електронному додатку до довідника. РЛХ отримані для частот опромінення 10 ГГц, 5 ГГц, 3 ГГц (довжини хвиль 3 см, 6 см та 10 см, відповідно), трьох варіантів земної поверхні (сухий суглинок, суха земля, мокра земля) та трьох кутів місця опромінення ($\gamma = 1^{\circ}, 10^{\circ}, 30^{\circ}$).



3.8. Радіолокаційні характеристики пускової установки 5П85С

Основна ПУ 5П85С (рис. 3.112) призначена для зберігання і транспортування ракет у транспортно-пускових контейнерах, підготовки і керування стартом ракет, та керування додатковими ПУ 5П85Д [55].

У відповідності з конструкцією ПУ 5П85С для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель її поверхні, яка представлена на рис. 3.113. При моделюванні гладка частина поверхні була апроксимована за допомогою ділянок 136 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 116 прямих кромочних ділянок розсіяння.



Рис. 3.112. ПУ 5П85С

Рис. 3.113. Модель ПУ 5П85С

Нижче наведені деякі РЛХ моделі ПУ 5П85С для частоти $f = 10\Gamma\Gamma\mu$ за наступних умов: кут місця опромінення $\gamma = 10^{\circ}$, мокра земля та кут місця опромінення $\gamma = 30^{\circ}$, сухий суглинок.

РЛХ моделі ПУ 5П85С при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, горизонтальна поляризація

На рис. 3.114 наведена кругова діаграма ЕПР ПУ 5П85С. На рис. 3.115 наведена кругова діаграма НЕПР ПУ 5П85С. Середня кругова ЕПР ПУ 5П85С складає 101 493,53 м². Кругова медіанна ЕПР складає 19 757,27 м².

На рис. 3.116, 3.117 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



азимутів опромінення

РЛХ моделі ПУ 5П85С при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, вертикальна поляризація

На рис. 3.118 наведена кругова діаграма ЕПР ПУ 5П85С. На рис. 3.119 наведена кругова діаграма НЕПР ПУ 5П85С. Середня кругова ЕПР ПУ 5П85С складає 5 320,37 м². Кругова медіанна ЕПР складає 253,39 м².

На рис. 3.120, 3.121 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення В (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



ПУ 5П85С







азимутів опромінення

РЛХ моделі ПУ 5П85С при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, горизонтальна поляризація

На рис. 3.122 наведена кругова діаграма ЕПР ПУ 5П85С. На рис. 3.123 наведена кругова діаграма НЕПР ПУ 5П85С. Середня кругова ЕПР ПУ 5П85С складає 26 807,86 м². Кругова медіанна ЕПР складає 7 917,97 м².

На рис. 3.124, 3.125 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.







азимутів опромінення

РЛХ моделі ПУ 5П85С при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, вертикальна поляризація

На рис. 3.126 наведена кругова діаграма ЕПР ПУ 5П85С. На рис. 3.127 наведена кругова діаграма НЕПР ПУ 5П85С. Середня кругова ЕПР ПУ 5П85С складає 5 975,45 м². Кругова медіанна ЕПР складає 532,99 м².

На рис. 3.128, 3.129 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.

РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях наведені у електронному додатку до довідника. РЛХ отримані для частот опромінення 10 ГГц, 5 ГГц, 3 ГГц (довжини хвиль 3 см, 6 см та 10 см, відповідно), трьох варіантів земної поверхні (сухий суглинок, суха земля, мокра земля) та трьох кутів місця опромінення ($\gamma = 1^{\circ}, 10^{\circ}, 30^{\circ}$).



3.9. Радіолокаційні характеристики радіолокатору підсвіту та наведення 30H6

Радіолокатор підсвіту та наведення (РПН) 30Н6 (рис. 3.130) призначений для пошуку, виявлення, автоматичного супроводження цілей, здійснення всіх операцій, пов'язаних з підготовкою і веденням стрільби зенітними ракетами, а також оцінки результатів стрільби [56].

У відповідності з конструкцією РПН 30Н6 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель її поверхні, яка представлена на рис. 3.131. При моделюванні гладка частина поверхні була апроксимована за допомогою ділянок 98 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 87 прямих кромочних ділянок розсіяння.



Рис. 3.130. РПН 30Н6



Нижче наведені деякі РЛХ моделі РПН 30Н6 для частоти $f = 10\Gamma\Gamma\mu$ за наступних умов: кут місця опромінення $\gamma = 10^{\circ}$, мокра земля та кут місця опромінення $\gamma = 30^{\circ}$, сухий суглинок.

РЛХ моделі РПН 30Н6 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, горизонтальна поляризація

На рис. 3.132 наведена кругова діаграма ЕПР РПН 30Н6. На рис. 3.133 наведена кругова діаграма НЕПР РПН 30Н6. Середня кругова ЕПР РПН 30Н6 складає 360 007,71 м². Кругова медіанна ЕПР складає 4 516,26 м².

На рис. 3.134, 3.135 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





азимутів опромінення

РЛХ моделі РПН 30Н6 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, вертикальна поляризація

На рис. 3.136 наведена кругова діаграма ЕПР РПН 30Н6. На рис. 3.137 наведена кругова діаграма НЕПР РПН 30Н6. Середня кругова ЕПР РПН 30Н6 складає 10 424,53 м². Кругова медіанна ЕПР складає 490,08 м².

На рис. 3.138, 3.139 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



РПН 30Н6







азимутів опромінення

РЛХ моделі РПН 30Н6 при $f = 10\Gamma\Gamma \mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, горизонтальна поляризація

На рис. 3.140 наведена кругова діаграма ЕПР РПН 30Н6. На рис. 3.141 наведена кругова діаграма НЕПР РПН 30Н6. Середня кругова ЕПР РПН 30Н6 складає 73 409,46 м². Кругова медіанна ЕПР складає 783,62 м².

На рис. 3.142, 3.143 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.







азимутів опромінення

РЛХ моделі РПН 30Н6 при $f = 10\Gamma\Gamma \mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, вертикальна поляризація

На рис. 3.144 наведена кругова діаграма ЕПР РПН 30Н6. На рис. 3.145 наведена кругова діаграма НЕПР РПН 30Н6. Середня кругова ЕПР РПН 30Н6 складає 1 849,63 м². Кругова медіанна ЕПР складає 63,30 м².

На рис. 3.146, 3.147 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.

РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях наведені у електронному додатку до довідника. РЛХ отримані для частот опромінення 10 ГГц, 5 ГГц, 3 ГГц (довжини хвиль 3 см, 6 см та 10 см, відповідно), трьох варіантів земної поверхні (сухий суглинок, суха земля, мокра земля) та трьох кутів місця опромінення ($\gamma = 1^{\circ}, 10^{\circ}, 30^{\circ}$).



Рис. 3.147. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

80-100

9,91

100-120

15,49 11,00

20-140

12,40 ,25

140-160

14,47

60-180

β, град.

10

1

0-20

20-40

40-60

60-80

3.10. Радіолокаційні характеристики зенітної самохідної установки 2C6 зенітного гарматно-ракетного комплексу 2К22 "Тунгуска"

Зенітна самохідна установка (ЗСУ) 2С6 (рис. 3.148) призначена для прикриття військ і об'єктів від ударів повітряного противника на малих і середніх висотах і є засобом протиповітряної оборони механізованих і танкових підрозділів [57].

У відповідності з конструкцією ЗСУ 2С6 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель її поверхні, яка представлена на рис. 3.149. При моделюванні гладка частина поверхні була апроксимована за допомогою ділянок 268 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 157 прямих кромочних ділянок розсіяння.



Рис. 3.148. ЗСУ 2С6

Рис. 3.149. Модель ЗСУ 2С6

Нижче наведені деякі РЛХ моделі ЗСУ 2С6 для частоти $f = 10\Gamma\Gamma\mu$ за наступних умов: кут місця опромінення $\gamma = 10^\circ$, мокра земля та кут місця опромінення $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок.

РЛХ моделі ЗСУ 2С6 при f = 10ГГц, γ = 10°, мокра земля, горизонтальна поляризація

На рис. 3.150 наведена кругова діаграма ЕПР ЗСУ 2С6. На рис. 3.151 наведена кругова діаграма НЕПР ЗСУ 2С6. Середня кругова ЕПР ЗСУ 2С6 складає 4 201,67 м². Кругова медіанна ЕПР складає 326,09 м².

На рис. 3.152, 3.153 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.




Рис. 3.153. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

РЛХ моделі ЗСУ 2С6 при $f = 10\Gamma\Gamma \mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, вертикальна поляризація

На рис. 3.154 наведена кругова діаграма ЕПР ЗСУ 2С6. На рис. 3.155 наведена кругова діаграма НЕПР ЗСУ 2С6. Середня кругова ЕПР ЗСУ 2С6 складає 43,59 м². Кругова медіанна ЕПР складає 15,91 м².

На рис. 3.156, 3.157 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення в (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



ЗСУ 2С6







Рис. 3.157. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

РЛХ моделі ЗСУ 2С6 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, горизонтальна поляризація

На рис. 3.158 наведена кругова діаграма ЕПР ЗСУ 2С6. На рис. 3.159 наведена кругова діаграма НЕПР ЗСУ 2С6. Середня кругова ЕПР ЗСУ 2С6 складає 1 788,55 м². Кругова медіанна ЕПР складає 96,74 м².

На рис. 3.160, 3.161 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.







азимутів опромінення

РЛХ моделі ЗСУ 2С6 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, вертикальна поляризація

На рис. 3.162 наведена кругова діаграма ЕПР ЗСУ 2С6. На рис. 3.163 наведена кругова діаграма НЕПР ЗСУ 2С6. Середня кругова ЕПР ЗСУ 2С6 складає 89,68 м². Кругова медіанна ЕПР складає 30,79 м².

На рис. 3.164, 3.165 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.

РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях наведені у електронному додатку до довідника. РЛХ отримані для частот опромінення 10 ГГц, 5 ГГц, 3 ГГц (довжини хвиль 3 см, 6 см та 10 см, відповідно), трьох варіантів земної поверхні (сухий суглинок, суха земля, мокра земля) та трьох кутів місця опромінення ($\gamma = 1^{\circ}, 10^{\circ}, 30^{\circ}$).



Рис. 3.165. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опроміненн

3.11. Радіолокаційні характеристики самохідної пускової установки 9П78-1 ракетного комплексу "Іскандер-М"

Самохідна пускова установка (СПУ) 9П78-1 (рис. 3.166) оперативнотактичного ракетного комплексу "Іскандер-М" призначена для зберігання, транспортування, підготовка та запуску по цілі двох ракет. Комплекс прийнятий на озброєння у 2006 році [58].

У відповідності з конструкцією СПУ 9П78-1 для проведення розрахунків РЛХ (зокрема, ЕПР) була побудована модель її поверхні, яка представлена на рис. 3.167. При моделюванні гладка частина поверхні була апроксимована за допомогою ділянок 216 тривісних еліпсоїдів. Злами поверхні були промодельовані за допомогою 181 прямих кромочних ділянок розсіяння.



Рис. 3.166. СПУ 9П78-1

Рис. 3.167. Модель СПУ 9П78-1

Нижче наведені деякі РЛХ моделі СПУ 9П78-1 для частоти $f = 10\Gamma\Gamma\mu$ за наступних умов: кут місця опромінення $\gamma = 10^{\circ}$, мокра земля та кут місця опромінення $\gamma = 30^{\circ}$, сухий суглинок.

РЛХ моделі СПУ 9П78-1 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 10^\circ$, мокра земля, горизонтальна поляризація

На рис. 3.168 наведена кругова діаграма ЕПР СПУ 9П78-1. На рис. 3.169 наведена кругова діаграма НЕПР СПУ 9П78-1. Середня кругова ЕПР СПУ 9П78-1 складає 89 024,62 м². Кругова медіанна ЕПР складає 7 663,80 м².

На рис. 3.170, 3.171 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





РЛХ моделі СПУ 9П78-1 при f = 10ГГц, у = 10°, мокра земля, вертикальна поляризація

На рис. 3.172 наведена кругова діаграма ЕПР СПУ 9П78-1. На рис. 3.173 наведена кругова діаграма НЕПР СПУ 9П78-1. Середня кругова ЕПР СПУ 9П78-1 складає 775.94 м². Кругова медіанна ЕПР складає 364,75 м².

На рис. 3.174, 3.175 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.



Рис. 3.172. Кругова діаграма ЕПР моделі СПУ 9П78-1

Рис. 3.173. Кругова діаграма НЕПР моделі СПУ 9П78-1



Рис. 3.174. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



азимутів опромінення

РЛХ моделі СПУ 9П78-1 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, горизонтальна поляризація

На рис. 3.176 наведена кругова діаграма ЕПР СПУ 9П78-1. На рис. 3.177 наведена кругова діаграма НЕПР СПУ 9П78-1. Середня кругова ЕПР СПУ 9П78-1 складає 5 444,22 м². Кругова медіанна ЕПР складає 1 519,07 м².

На рис. 3.178, 3.179 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.





Рис. 3.178. Середні та медіанні ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення



Рис. 3.179. Середні та медіанні ЕПР для двадцятиградусних діапазонів азимутів опромінення

РЛХ моделі СПУ 9П78-1 при $f = 10\Gamma\Gamma\mu$, $\gamma = 30^\circ$, сухий суглинок, вертикальна поляризація

На рис. 3.180 наведена кругова діаграма ЕПР СПУ 9П78-1. На рис. 3.181 наведена кругова діаграма НЕПР СПУ 9П78-1. Середня кругова ЕПР СПУ 9П78-1 складає 2 307,84 м². Кругова медіанна ЕПР складає 582,81 м².

На рис. 3.182, 3.183 наведені середні та медіанні значення ЕПР для головних діапазонів азимутів опромінення β (фронт, бік, тил) та для азимутальних діапазонів у 20 градусів.

РЛХ для цієї моделі на двох поляризаціях наведені у електронному додатку до довідника. РЛХ отримані для частот опромінення 10 ГГц, 5 ГГц, 3 ГГц (довжини хвиль 3 см, 6 см та 10 см, відповідно), трьох варіантів земної поверхні (сухий суглинок, суха земля, мокра земля) та трьох кутів місця опромінення ($\gamma = 1^{\circ}, 10^{\circ}, 30^{\circ}$).



ЛІТЕРАТУРА

- Electromagnetic wave scattering by aerial and ground radar objects / O. I. Sukharevsky, V. O. Vasylets, S. V. Nechitaylo, V. M. Orlenko; ed. by O. I. Sukharevsky. — Boca Raton, London, New York: CRC Press Taylor & Francis Group, 2015. — 288 p.
- Sukharevsky O. I. Scattering characteristics computation method for corner reflectors in arbitrary illumination conditions / O. I. Sukharevsky, V.O. Vasylets, S.V. Nechitaylo // X Anniversary International Conference on Antenna Theory and Technique (ICATT'2015), April 21 – 24, 2015: Conf. Proc. — Kharkiv, 2015. — P. 219 — 221.
- 3. Кобак В. О. Радиолокационные отражатели / В. О. Кобак. М. : Сов. радио, 1975. 248 с.
- Высокочастотный метод расчета вторичного излучения модели фюзеляжа беспилотного летательного аппарата / И. Е. Ряполов, В. А. Василец, О. И. Сухаревский, К. И. Ткачук // Системи озброєння і військова техніка. — 2014. — Вип. 1(37). — С. 222 — 225.
- Ряполов И. Е. Высокочастотный метод расчета рассеяния вторичного излучения диэлектрических частей модели беспилотного летательного аппарата / И. Е. Ряполов, В. А. Василец, О. И. Сухаревский // Системи обробки інформації. — 2014. — Вип. 2(118). — С. 58 — 62.
- Расчет рассеяния электромагнитной волны на идеально проводящем объекте, частично покрытом радиопоглощающим материалом, с помощью триангуляционных формул / О.И. Сухаревский, В.А. Василец, А. З. Сазонов, К. И. Ткачук // Радиофизика и радиоастрономия. 2000. Т. 5, № 1. С. 47 54.
- 7. Бреховских Л. М. Волны в слоистых средах / Л. М. Бреховских. М. : Наука, 1973. 343 с.
- Сухаревский О. И. Трехмерная задача дифракции на идеально проводящем клине с радиопоглощающим цилиндром на ребре / О. И. Сухаревский, А. Ф. Добродняк // Изв. вузов. Радиофизика. — 1988. — Т. 31, № 9. — С. 1074 — 1081.
- Фундаментальные и прикладные задачи теории рассеяния электромагнитных волн / Ю.К. Сиренко, И.В. Сухаревский, О.И. Сухаревский, Н. П. Яшина. — Х. : Крок, 2000. — 344 с.
- Ufimtsev P. Ya. Fundamentals of the physical theory of diffraction / Pyotr Ya. Ufimtsev. — Hoboken, New Jersey : JohnWiley & Sons, 2007. — 329 p.
- Sukharevsky O. I. Scattering of reflector antenna with conic dielectric radome / O. I. Sukharevsky, V. O. Vasylets // Progress In Electromagnetic Research B, PIER B. — 2008. — Vol. 4. — P. 159 — 169.
- Математическое моделирование каустической поверхности, возникающей при отражении от внутренней поверхности / О. И. Сухаревский, В. А. Василец, А. З. Сазонов, К. И. Ткачук // Радиотехника: Всеукр. межвед. науч.-техн. сб. — 2004. — Вып. 139. — С. 56 — 59.

- 13. МиГ-29 (9-12) [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar. ru/enc/fighter/mig29.html. Назва з екрана.
- 14. Су-27 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru /enc/fighter/su27.html. Назва з екрана.
- 15. Т-50 ПАК ФА [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar. ru/enc/xplane/t50.html. Назва з екрана.
- 16. F-16C/D Fighting Falcon [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/enc/fighter/f16cd.html. — Назва з екрана.
- 17. F-15A/B Eagle [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar. ru/enc/fighter/f15.html. Назва з екрана.
- 18. F/A-18A/B Hornet [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www. airwar.ru/enc/fighter/f18.html. Назва з екрана.
- 19. Tornado IDS (GR.1) [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www. airwar.ru/enc/fighter/tornd_gr.html. Назва з екрана.
- 20. EF-2000 Typhoon [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www. airwar.ru/enc/fighter/ef2000.html. Назва з екрана.
- 21. Су-25Т [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar. ru/enc/attack/su25t.html. Назва з екрана.
- 22. A-10 Thunderbolt II. [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/enc/attack/a10.html. — Назва з екрана.
- 23. Су-24 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/enc/ bomber/su24.html. — Назва з екрана.
- 24. Ту-22М3 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/ enc/bomber/tu22m3.html. — Назва з екрана.
- 25. Ту-95MC [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://airwar.ru/enc/ bomber/tu95ms.html. — Назва з екрана.
- 26. Ту-160 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/enc/ bomber/tu160.html. — Назва з екрана.
- 27. Су-34 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/enc/ bomber/su34.html. — Назва з екрана.
- 28. В-2 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/enc/ bomber/b2.html. — Назва з екрана.
- 29. B-52A(F) Stratofortress. Режим доступу: http://www.airwar.ru/enc/ bomber/b52.html. — Назва з екрана.
- 30. B-1B Lancer [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/ enc/bomber/b1b.html. — Назва з екрана.
- 31. А-50 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/enc/ spy/a50.html. Назва з екрана.
- 32. E-3A/B Sentry [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar. ru/enc/spy/e3a.html. Назва з екрана.
- 33. Е-2С Наwkeye-2000 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www. airwar.ru/enc/spy/e2c2000.html. Назва з екрана.
- 34. Ан-26 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/ enc/craft/an26d.html. — Назва з екрана.

- 35. Ил-76МД [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://airwar.ru/enc/ craft/il76md.html. — Назва з екрана.
- 36. Ми-8МТ [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/ enc/uh/mi8mt.html. — Назва з екрана.
- 37. Ми-24П [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/enc/ ah/mi24p.html. — Назва з екрана.
- 38. Ту-143 Рейс [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://airwar.ru/enc/ bpla/tu143.html. — Назва з екрана.
- 39. Орлан-10 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar.ru/ enc/bpla/orlan10.html. — Назва з екрана.
- 40. RQ-1 Predator [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar. ru/enc/bpla/rq1.html. Назва з екрана.
- 41. RQ-4 Global Hawk [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www. airwar.ru/enc/bpla/rq4.html. — Назва з екрана.
- 42. RQ-7 Shadow [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.airwar. ru/enc/bpla/rq7.html. Назва з екрана.
- 43. X-55 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://rbase.new-factoria. ru/missile/wobb/x55/x55.shtml. Назва з екрана.
- 44. X-101 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www.arms-expo.ru/ armament/samples/1357/72318/. — Назва з екрана.
- 45. П-800 [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://rbase.new-factoria. ru/missile/wobb/jakhont/jakhont.shtml. Назва з екрана.
- 46. 3М-14Э [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://rbase.new-factoria. ru/sites/default/files/missile/3m14e/. Назва з екрана.
- 47. ЗМ-54Э [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://rbase.new-factoria. ru/missile/wobb/3m54e1/3m54e1. Назва з екрана.
- 48. AGM-86C/D CALCM [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://www. airwar.ru/weapon/kr/agm86.html. Назва з екрана.
- 49. Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами / О. И. Сухаревский, В. А. Василец, С. В. Кукубко и др.; под ред. О. И. Сухаревского. Х. : ХУВС, 2009. 468 с.
- 50. Zaloga S. Russia's T-80U Main Battle Tank. Mini Color Series / S. Zaloga, D. Markov. No. 7503 —. Hong Kong : Concord, 2000. 48 p.
- 51. Lobitz F. Kampfpanzer Leopard 2 Main Battle Tank Development and German Army Service / Frank Lobitz. Tankograd, 2009. 320 p.
- 52. Zaloga S. J. M1 Abrams Main Battle Tank 1982-1992 / Steven J. Zaloga, Peter Sarson. — New Vanguard (Book 2) —. — Osprey Military. Reed International Books Ltd, 1993. — 48 p.
- 53. Войсковой зенитный ракетный комплекс "БУК". Ч. 1. Боевые средства: учебник / Б. А. Парафейников; под ред. А. Г. Лузана. — М.: Воениздат, 1986. — 320 с.
- 54. Ганин С. М. Зенитная ракетная система С-300: приложение к военнотехническому сборнику "Невский бастион" / С. М. Ганин, А. В. Карпенко // — СПб., 2001. — С. 36.

- 55. Зенитный ракетный комплекс С-300ПС [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://pvo.guns.ru/s300p/index_s300ps.htm. Назва з екрана.
- 56. 30Н6 радиолокатор подсвета и наведения [Електронний ресурс]. Режим доступу: http://pyccкая-сила.pф/guide/army/rl/30n6.shtml. Назва з екрана.
- 57. Фирсов В. М. Зенитный пушечно-ракетный комплекс (ЗПРК) "Тунгуска" / В. М. Фирсов. М. : Воениздат, 1991. 248 с.
- 58. Искандер (ракетный комплекс) [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://en.wikipedia.org/wiki/9K720_Iskander. — Назва з екрана.
- 59. Сухаревский О. И. Рассеяние на конечном идеально проводящем цилиндре с поглощающими покрытиями линий излома в бистатическом случае / О. И. Сухаревский, А. Ф. Добродняк // Изв. вузов. Радиофизика. — 1989. — Т. 32, № 12. — С. 1518 — 1524.
- 60. Electromagnetic simulation software Altair FEKO [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://altairhyperworks.com/product/FEKO . Назва з екрана.

Сухаревський Олег Ілліч – провідний науковий співробітник Наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України. Закінчив Харківський державний університет ім. А.М. Горького. Наукові інтереси: математична теорія дифракції, дослідження характеристик розсіювання радіолокаційних цілей.

Василець Віталій Олексійович – провідний науковий співробітник Наукового центру Повітряних Сил Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, доктор технічних наук, старший науковий співробітник. Закінчив Житомирське вище училище радіоелектроніки ППО. Наукові інтереси: дослідження характеристик розсіювання радіолокаційних цілей.

Нечитайло Сергій Вячеславович – докторант Харківського національного університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник. Закінчив Харківський військовий університет. Наукові інтереси: теорія антен, дослідження радіолокаційної помітності об'єктів.

Довідкове видання

СУХАРЕВСЬКИЙ Олег Ілліч ВАСИЛЕЦЬ Віталій Олексійович НЕЧИТАЙЛО Сергій Вячеславович

ДОВІДНИК ХАРАКТЕРИСТИК РОЗСІЮВАННЯ ПОВІТРЯНИХ ТА НАЗЕМНИХ РАДІОЛОКАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ

Техн. редактор Т. В. Василенко Відповідальний за випуск В. О. Василець Комп'ютерне верстання В. О. Васильця Комп'ютерний дизайн обкладинки О. О. Сухаревського

Підписано до друку 09.04.2019. Формат 60×84/8. Папір офсетний. Гарнітура "Times New Roman". Друк цифровий. Ум. друк. арк. 35,34. Тираж 300 прим. Зам. № 13

> Видавець і виготовлювач Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба 61023, Харків, вул. Сумська, 77/79 Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5370 від 30.06.2017

