

Літальні апарати: аеродинаміка, силові установки, обладнання та озброєння

УДК 533.695.5

О.Б. Котов, О.А. Корочкін, Р.М. Чигрин

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ ШЛЯХІВ ЗМЕНШЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ПОМІТНОСТІ ВІЙСЬКОВОГО ЛІТАЛЬНОГО АПАРАТУ

У статті проводиться аналіз можливих шляхів зменшення різних типів випромінювання військовим літальним апаратом при виконанні ним бойового завдання, які впливають на його інформаційну помітність. Проаналізовано технічні рішення, що дозволяють знизити інформаційну помітність літального апарату, на етапах його проектування або модернізації, підвищити виживаємість літального апарату при виконанні бойових завдань і досягти перевагу над аналогічною авіаційною технікою.

Ключові слова: інформаційна помітність, типи випромінювання, джерела випромінювання, виживаємість літального апарату.

Вступ

Аналіз викликів, що мають місце на сучасному етапі розвитку України вказує на недостатній рівень її військової безпеки. В цьому аспекті особливу увагу привертає до себе недостатній рівень технічного оснащення Збройних Сил України. Однак удосконалення (модернізація) існуючих і розробка нових зразків озброєння та військової техніки, поліпшення їх технічних і експлуатаційних характеристик достатньо складна та багатогранна задача, що потребує всебічного аналізу. В роботі проводиться аналіз інформаційної помітності літальних апаратів (ЛА) та шляхів її зменшення, що в свою чергу позитивно вплине на їх виживаємість та ефективність виконання поставлених бойових завдань.

Висока ефективність виявлення ЛА наземними системами та головками самонавідних ракет змушує розробників авіаційної техніки шукати нові шляхи підвищення енергетичної скритності ЛА за рахунок зниження різних видів його випромінювання під час виконання бойового завдання. Аналіз втрат авіації в антитерористичній операції на сході України свідчить про надзвичайну актуальність наукового завдання пошуку шляхів зниження інформаційної помітності ЛА.

Постановка проблеми дослідження. В умовах ведення сучасної війни для успішного виконання бойових задач вирішальна роль відводиться бойовим діям авіації [1, 2]. Запорукою успішного виконання поставленого бойового завдання авіацією є раптовість її застосування та підвищення бойової живучості ЛА в процесі багаторазового виконання бойових завдань.

Швидкі темпи створення та модернізації засобів ураження літальних апаратів, спонукають до пошуку рішень щодо захисту ЛА та протидії цим засобам. Особливе занепокоєння викликає розвиток керованого ракетного озброєння, що є основним засобом ураження ЛА. Більшість керованих ракет споряджені головками самонаведення (ГСН), тому найбільш ефективними заходами протидії вищевказаному озброєнню, є заходи, що зменшують інформацію, яка надходить від ЛА (відбиту та випромінювану їм енергію) на спеціальні технічні засоби пошуку, виявлення, розпізнавання, цілевказівки, захоплення, супроводу та слухової і зорової систем людини-оператора, а також заходи, які дозволяють відвести ракету від об'єкта наведення.

Інформаційна помітність ЛА в повітрі залежить від різних типів випромінювання (рис.1) була достатньо повно висвітлена в попередній публікації [3]. Під інформаційною помітністю ЛА в повітрі розуміється його здатність розповсюджувати різного роду інформацію (в тому числі і дезінформацію), в результаті активного та пасивного випромінювання. Суттєве зниження (зміна) інформаційної помітності ЛА, приводить до порушення роботи систем протиповітряної оборони (ППО) противника та зменшення ефективності враження ЛА засобами ППО противника.

Аналіз останніх публікацій свідчить про активну роботу з досліджень проблем зниження інформаційної помітності ЛА, що ведеться провідними країнами світу. Про це свідчать закордонні програми створення ЛА [4], метою яких є реалізація нових технічних шляхів зниження інформаційної помітності ЛА військового призначення в інтересах забез-

печення їх випереджувального панування над аналогічними зразками потенціального противника.

Метою роботи є визначення шляхів зменшення інформативності сигналу, що надходить від повіт-

ряної цілі до системи виявлення (наведення) засобів ППО та головок самонавідних ракет для зниження їх ефективності застосування і зниження числа вогневого впливу на ціль.

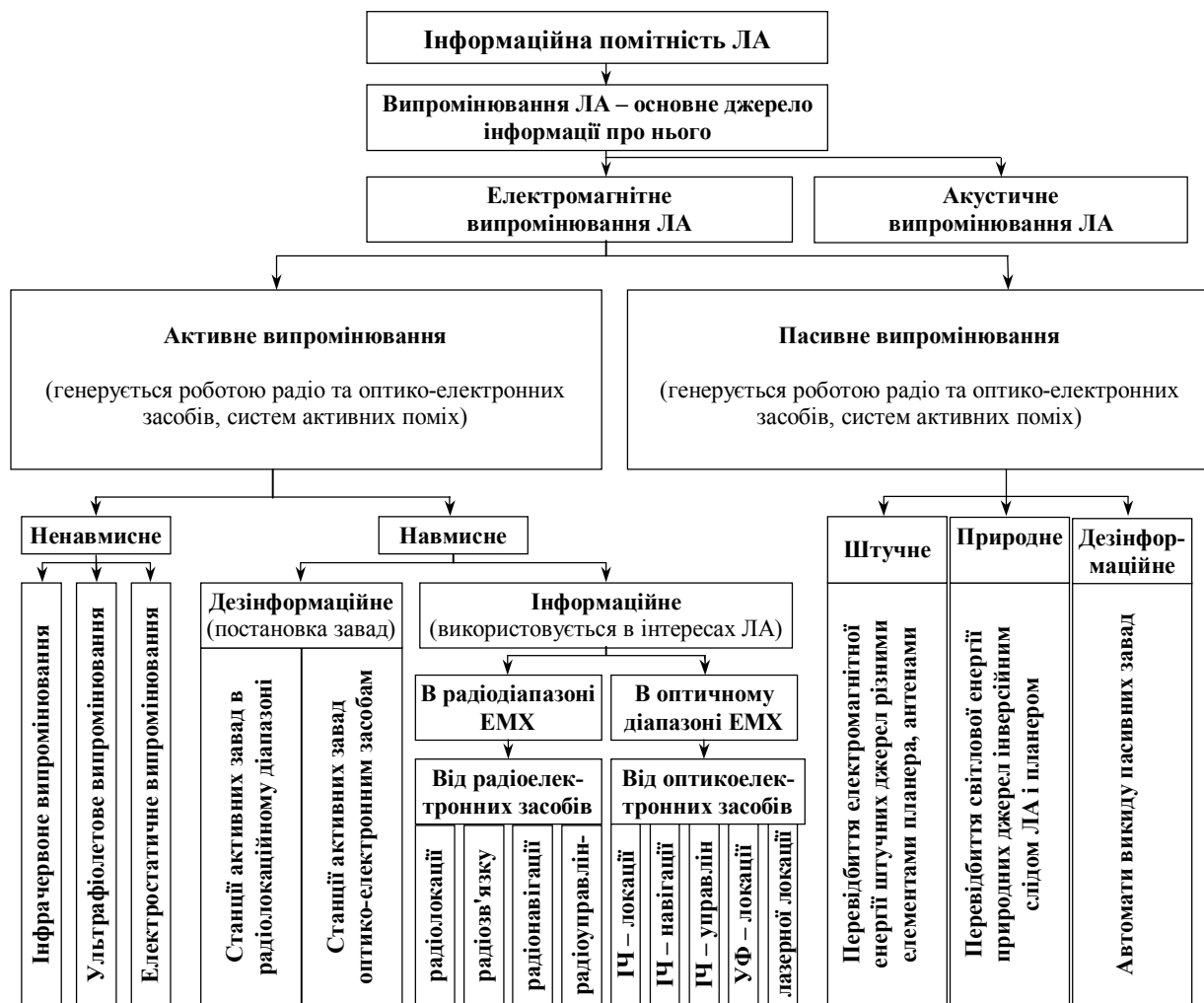


Рис. 1. Класифікація можливих типів випромінювання ЛА

Основний матеріал

Нижче розглянуто основні шляхи зниження інформаційної помітності ЛА за типом випромінювання.

Основні шляхи зменшення активного ненавмісного інфрачервоного випромінювання повинні призвести до зменшення головного показника інтенсивності цього випромінювання – сили теплового випромінювання.

Зменшення сили теплового випромінювання можливо досягнути зменшенням температури нагрітих зон ЛА (застосуванням плоских сопел, екранування нагрітих зон ЛА елементами його конструкції чи спеціальними екранами і теплопоглинаючими матеріалами).

До основних способів зменшення температури нагрітих зон ЛА можна віднести:

- відмову від протяжного у часі понадзвукового польоту, який викликає нагрів планера і від форсажного режиму роботи двигунів на найбільш небезпечних ділянках маршруту, так як вмикання форсажу викликає 15-кратне збільшення сили теплового випромінювання;

- зміна циклу, що веде до поліпшення теплового КПД двигуна та суттєво впливає на зниження помітності літального апарата в інфрачервоному діапазоні;

- охолодження елементів конструкції і блоків обладнання паливом або набігаючим потоком;

- застосування системи охолодження лопатей турбін та інших елементів силової установки, так як зменшення температури конструкції двигуна на 1 % приводить до зменшення сили теплового випромінювання на 3...5 %;

- застосування нових сортів палива;

- охолодження реактивного струменю двигуна за рахунок підмішування до нього атмосферного повітря або застосуванням аерозолестворюючих складових (АСС).

Зупинимося більш детально на останньому способі зменшення температури реактивного струменю за допомогою АСС.

В якості АСС можуть застосовуватися відносно недорогі складові на основі нафтопродуктів (керосин ТС-1, суміш С-56, графітовий порошок). Частки цих сумішей розміром 2...10 мкм мають як поглинаючі, так і розсіюючі властивості. Найбільш ефективно розсіювання випромінювання відбувається на частках, аналогічних довжині хвилі випромінювання. Витрата порошкового АСС знаходиться в межах від 50 до 130 г/с при такій витраті АСС сила теплового випромінювання реактивного струменя під кутом $\pm 60^\circ$ С із задньої на півсфери зменшується приблизно в 7...45 раз та може бути доведена при роботі двигуна на без форсажному режимі навіть до рівня фону.

Рідкі АСС менш ефективні порошкових, так як для отримання того ж ефекту їх витрата перевищує витрату порошкових АСС більше чим у 10 раз. Комплексне використання АСС та засобів захисту на основі піротехнічних хибних теплових цілей (ХТЦ) веде до значної економії маси такої об'єднаної системи захисту у порівнянні з вихідною системою скидання ХТЦ, що дозволяє розмістити додаткову кількість ХТЦ в межах зекономленої маси. Дослідження показують, що зменшення температури реактивного струменя та параметрів його форми на 1% призводить до зменшення сили його теплового випромінювання на 4...5%.

Системи аерозольного пониження теплової помітності мають один недолік – не дозволяють зменшити інфрачервоне випромінювання початкової ділянки газового струменя та сопла двигуна.

Використання плоских сопел запобігає прямому візуванню внутрішніх гарячих елементів двигуна при спостереженні з боку задньої на півсфери, що забезпечує обмеження сектору заднього огляду до вузького кута. Регулювання такого сопла здійснюється значно простіше. До того ж може бути реалізований ряд передніх стулок для забору холодного повітря з метою охолодження струменя.

Екранування гарячих зон ЛА від керованих ракет з тепловими ГСН може бути забезпечене за рахунок розміщення двигунів в каналах над фюзеляжем, що знижує до того ж радіолокаційну помітність та вигідно з точки зору його аеродинаміки (за рахунок відсмоктування прикордонного шару передня частина фюзеляжу стає несучою). Вихідні пристрої силових установок збоку і зверху можуть екрануватися кілями, що встановлені під кутом один до одного.

Основні шляхи зниження активного навмисного інформаційного та пасивного штучного випромінювань повинні призводити до пониження основних показників цих двох типів випромінювань – величини ефективної поверхні розсіювання (ЕПР), та власного активного радіолокаційного випромінювання ЛА (радіовисотоміри, радіолокаційний бортовий прицільно-навігаційний комплекс, доплерівські вимірювачі швидкості та кута зносу, та інше).

Величина ЕПР ЛА це характеристика відбиваючої здатності ЛА, що визначається відношенням потужності електромагнітної енергії, що відбивається цілком в напрямку приймача (радар), до поверхневої щільності потоку енергії падаючої плоскої хвилі.

Для виявлення ЛА в повітрі використовується не тільки РЛС зенітних ракетних систем та комплексів (С-200, С-300, Бук та інші) що опромінюють літаки та приймаючи відбиті від них радіосигнали, а й широко використовуються засоби радіотехнічної розвідки що засновані на принципі тропосферного розповсюдження сигналу та самі не випромінюють ніяких хвиль (Кольчуга та інші) які сприймають радіосигнали що випромінюються власне ЛА (активне випромінювання). Враховуючі ці дві складові, проблему зниження помітності ЛА в радіодіапазоні слід вирішувати за двома напрямками:

перший – проблема зниження ЕПР залежить, головним чином, від вірного вибору конфігурації ЛА та його конструктивно-компонувальної схеми, в основі якого лежить принцип усунення ефективних відбивачів електромагнітної енергії, що випромінюється наземними (повітряними) РЛС [5].

Головний внесок в ЕПР, яка обумовлена пасивною штучною складовою ЕМВ ЛА, вносять:

- доля ЕПР, що обумовлена наявністю повітряпідвідних каналів і вихідних пристроїв, двигунів, кабін, антен, в яких відбувається багаторазове відбивання, концентрація, фокусування та підсилення відбитого пучка радіолокаційних променів;

- доля ЕПР, що обумовлена наявністю кутових стиків конструкції, плоских вертикальних поверхонь великих розмірів;

- доля ЕПР, що обумовлена наявністю зовнішніх тримачів і підвісок;

- доля ЕПР, що обумовлена формою крила в плані і його характеристиками.

Зменшення долі ЕПР, що обумовлена наявністю двигунів, ніш, антен може бути досягнуто:

- розміщенням двигунів на верхній поверхні фюзеляжу та екрануванням їх за можливістю елементами планера (крилом, фюзеляжем, оперінням);

- запобіганням безпосереднього прямого радіолокаційного опромінювання (візування) масивних металевих перших ступенів ротора компресора з передньої на півсфери та турбін із задньої на півс-

фери за рахунок згинів повітряних каналів, застосування напівкруглих повітря забірників з центральним напівконусом (так як вертикальні клини – це ефективні відбивачі ЕМВ) і плоских сопел, включення входу повітря забірника в контур передньої кромки крила;

- металізацією скління кабін, відхиленням (поворотом) антен бортових радіолокаційних засобів;

- застосуванням радіо поглинаючих матеріалів, які наносяться на зони ЛА, «що світяться» і площини повітря забірника і сопла для придушення ехосигналів від внутрішніх елементів двигуна: вентилятора і компресора попереду турбіни, стабілізатору і сопла – позаду.

Застосування РПМ є одним із найпоширеніших способів зниження ЕПР. В конструкції ЛА РПМ можуть бути використані в вигляді рідіопоглинаючих покриттів (РПП), що наносять на частини та елементи ЛА, конструкційних та композитних матеріалів.

Дія РПП ґрунтується на явищах інтерференції і поглинанні радіохвиль в складних середовищах. За принципом дії РПП розподіляються на поглинаючі, інтерференційні та комбіновані [6].

Поглинаючі покриття мають забезпечувати поглинання падаючої електромагнітної енергії та відсутність її відбиття від меж розділу середовищ. Ці покриття використовуються для екранування бортової апаратури. Вони мають товщину до 10 мм, масу одного квадратного метра до 2 кг. та степінь зниження ЕПР на 15 Дб.

В інтерференційних покриттях використано ефект компенсації падаючих на покриття та відбитих від меж розділу покриття-об'єкт радіохвиль. Ці покриття є вузькодіапазонними і використовуються для нанесення на зовнішню поверхню елементів планеру та порожнини повітрязабірників. Маса одного квадратного метра при товщині $\delta = 1$ мм. складає приблизно одного кілограма та степінь зниження ЕПР на 10 Дб.

Найбільш перспективними, з точки зору зниження ЕПР, є комбіновані багатошарові покриття (матеріали), що створюються на основі комплексного використання явищ інтерференції та поглинання радіохвиль.

Існуючі матеріали забезпечують поглинання енергії в метрових, дециметрових та сантиметрових діапазонах радіохвиль. Так покриття товщиною 5мм. (масою 1м² 5кг) працює в частотному діапазоні від 10 см до10 м і відбиває в центрі діапазону 1% потужності, на краях – 7%. Таким чином, використання протирадіолокаційних покриттів може в 100 і більше разів знизити величину відбитої енергії і суттєво знизити ЕПР. Однак широке використання вищевказаних покриттів пов'язано з великими труднощами, такими як: збільшення маси та вартості

ЛА, також підвищення вимог до їх міцності та температурним характеристикам. Тому такими покриттями доцільно покривати не весь ЛА а тільки ті його частини поверхні, що утворюють "блискучі точки" (зони найбільш інтенсивного відбиття).

Зменшення частки ЕПР, зумовленої наявністю кутових стиків конструкції, плоских поверхонь досягається:

- плавним зчленуванням елементів планера та усуненням зон з кутовим ефектом;

- зміною орієнтації кілів та інших вертикальних поверхонь, які відбивають ЕМВ на десятки кілометрів та зменшенням їх розмірів аж до ліквідації при новій автоматичній системі стабілізації та керування польотом нестійкого ЛА.

Застосування системи безпосереднього керування аеродинамічними силами може суттєво зменшити долю ЕПР планера нестандартно маневруючого ЛА, так як не приводить до зміни його кута атаки.

Зменшення долі ЕПР, що обумовлена наявністю зовнішніх тримачів і підвісок досягається:

- внутрішнім розміщенням озброєння, паливних баків та інших підвісок (у заглибленнях фюзеляжу, крила), що зменшує не тільки ЕПР ЛА, але і дозволяє на 40...50% збільшити тактичний радіус дії ЛА за рахунок зменшення його опору.

Наявність крила зворотної стріловидності може призвести до зменшення маси ЛА, отже і до зменшення його розмірів, що теж спосібствує зменшенню ЕПР ЛА.

другий – проблема зниження власного активного радіолокаційного фону ЛА вирішується застосуванням селективним обтікачів і плазмених генераторів, що виробляють пристінний шар плазми, який поглинає ЕМВ, а також відмовою від користування на окремих етапах польоту радіоелектронними засобами локації, зв'язку, навігації, управління та переходу до застосування оптико-електронних засобів для отримання (видобування) власної інформації, а саме:

- застосування ІЧ-систем переднього огляду при пошуку та атаці цілей;

- застосування лазерних систем, що здатні замінити звичайні доплерівські РЛС і висотоміри (лазерні промені розсіюють менше енергії, аніж промені РЛС);

- застосування астроінерційних платформ.

Акустичне випромінювання ЛА складається з механічних та аеродинамічних шумів.

Коливання конструкції ЛА є причиною виникнення механічного шуму, який зазвичай має ударний характер (удари шариків та роликів по обоймі в підшипниках кочення, стуки в зазорах, удари в редукторах, приводах та інше). Погане балансування, що викликає невірноваженість мас, що обертаються, часто викликає вібрації. Наявність люфтів, пога-

не кріплення деталей, недостатня жорсткість конструкції підсилюють удари та вібрацію. В деяких випадках механічні коливання виникають із-за пульсації тиску, що виникають під час обтікання потоком повітря окремих елементів ЛА. Спектр цього шуму займає достатньо широку полосу частот, в тому числі багато високочастотних складових.

Аеродинамічні шуми виникають при не ламінарному обтіканні повітрям (газом) частин ЛА. Ці шуми є основною складовою загального шуму компресора, газової турбіни, вхідного та вихідного пристроїв та інше.

Рівень механічного шуму можна зменшити до потрібної величини шляхом статистичного та динамічного балансування мас що обертаються частин і елементів ЛА, застосуванням підшипників ковзання замість підшипників кочення, застосуванням рідіопоглинаючих матеріалів (РПМ).

Основними засобами зниження пасивного акустичного випромінювання ЛА (зниження шуму) можуть бути наступні:

- засоби звукоізоляції;
- засоби звукопоглинання;
- екранування;
- віброізоляція;
- вібропоглинання.

В якості основних шляхів зниження природного пасивного випромінювання ЛА (візуальної помітності), може бути використане:

- фарбування ЛА в камуфляжний колір;
- спеціальні багаточарові діелектричні світлопоглинаючі покриття.

Висновки

Проблема зменшення інформаційної помітності ЛА має вирішуватися комплексно з врахуванням

типу ЛА та конкретних задач що він виконує. Реалізація всіх можливих заходів з підвищення енергетичної скритності ЛА в польоті на сучасному етапі розвитку науки та техніки неможлива або недоцільна та потребує широкого спектру досліджень з вибору оптимальних заходів зниження інформаційної помітності.

Список літератури

1. Трухан О.М. Тактика авіації у локальних війнах та збройних конфліктах, досвід, аналіз, тенденції / О.М. Трухан – К. : НАОУ, 2005. – 340 с.
2. Крюков М. П. Бойове застосування авіації Повітряних Сил / М.П. Крюков. – К. : НАОУ, 2008. – 344 с.
3. Котов О.Б. Інформаційна помітність військового літального апарату та її джерела / О.Б. Котов, О.А. Корочкін, Р.М. Чигрин // Системи озброєння і військова техніка. Науковий журнал. – Х.: ХУПС, 2012. – № 1 (29) – С. 48-51.
4. Зарубежные программы создания малозаметных аппаратов // Техническая информация – М. : ЦАГИ, 1987. – № 1. – С. 42-45.
5. Волжин А.Н. Борьба с самонаводящимися ракетами / А.Н. Волжин – М. : Воениздат, 1983. – 244 с.
6. Алексеев А.Г. Физические основы технологии Stealth / А.Г. Алексеев, Е.А. Штагер, С.В. Козырев. – СПб.: ВВМ. – 2007. – 283 с.

Надійшла до редколегії 4.06.2015

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Б. Леонтьєв, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

АНАЛИЗ ПУТЕЙ УМЕНЬШЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЗАМЕТНОСТИ ВОЕННОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

О.Б. Котов, О.А. Корочкін, Р.М. Чигрин

В статье проводится анализ возможных путей уменьшения различных типов излучения военным летательным аппаратом при выполнении им боевого задания, которые влияют на его информационную заметность. Проанализированы технические решения позволяющие снизить информационную заметность летательного аппарата на этапах его проектирования или модернизации, повысит выживаемость летательного аппарата при выполнении боевых задач и достигнуть превосходства над аналогичной авиационной техникой.

Ключевые слова: информационная заметность, типы излучения, источники излучения, выживаемость летательного аппарата.

ANALYSIS OF WAYS DECREASE INFORMATION ON THE VISIBILITY OF MILITARY AIRCRAFT

O.B. Kotov, O.A. Korochkin, R.M. Chigrin

The article analyses possible ways of reducing different types of radiation military aircraft during the performance of their combat missions that affect its visibility. Analyzed technical solutions information allowing to reduce the visibility of the aircraft at the stage of designing or remodeling to increase the survivability of the aircraft when performing combat tasks and to achieve superiority over similar aircraft.

Keywords: information visibility, types of radiation, radiation sources, the survival of the aircraft.