

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни
«Вступ до спеціальності (Основи авіації МВС України)»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***173 Авіоніка
(Авіоніка)***

за темою № 5 - Засоби виявлення і аеродинамічне компонування

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 28.08.2023р № 1

Розробники:

- 1. Викладач циклової комісії Авіаційного та радіоелектронного обладнання, спеціаліст вищої категорії Хебда А.С.*
- 2. Викладач циклової комісії Авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., доцент, спеціаліст вищої категорії, Юрко О.О.*

Рецензенти:

- 1. К.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання Шмельов Ю.М.*
- 2. Заступник директора з ОЛР, командир авіаційного загону ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Гетьман Ю.Ю.*

План лекції:

1. Дальність виявлення літака противника.
2. Ефективна відбивна поверхня.
3. Методи зниження помітності ЛА.

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна:

1. Савін В. С. Авіація в Україні: Нариси історії. Харків: Основа, 1995. 264 с.
2. Матвійчук А. Я., Стінянський В. Л. Електротехніка: навчально-методичний посібник. Вінниця, 2017. 270 с.
3. Харченко В. П., Остроумов І. В. Авіоніка: навч. посіб.. Київ: НАУ, 2013. 272 с.

Допоміжна:

1. Стущанський Ю. В. Комп'ютерні інтегровані системи авіоніки. Навчальний посібник. Кременчук: КЛК НАУ, 2011. 180 с.
2. Закон України «Про загальну структуру і чисельність Міністерства внутрішніх справ України».

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. Офіційний сайт Портал МВС. Авіація МВС Режим доступу: <https://mvs.gov.ua/uk/ministry/aviaciya-mvs>.
2. Офіційний сайт Державної Авіаційної Служби України. Режим доступу: <https://avia.gov.ua/>

Текст лекції

1. Дальність виявлення літака противника.

Результат будь-якої бойової операції залежить не тільки від ефективності засобів ураження нападаючої сторони (тобто від можливості вразити ціль), а й від ефективності протидії – оборони. Військовий літак в ході бойової операції є одночасно і нападаючою, і стороною, що обороняється. Його ефективність істотно залежить від можливості виявити ціль і не бути виявленим противником.

У початковий період використання авіації в бойових діях літак противника виявляли з землі "на слух" по звуку працюючого мотора і візуально. Потім з'явилися акустичні прилади, що дозволяли збільшити дальність виявлення.

Установка глушників на мотори виявилася неефективною, оскільки при цьому зменшувалася не тільки гучність мотора, але і його потужність, що негативно позначалося на льотно-технічних і маневрених характеристиках літака.

Були спроби створити візуально малопомітні літаки з прозорою обшивкою з органічного скла і деталями каркаса, пофарбованими сріблясто-білою фарбою і лакованих для відбиття світла від непрозорих поверхонь. Такі літаки в повітрі швидко ставали непомітними для наземних спостерігачів, але прозора обшивка швидко старіла, тьмяніла і втрачала прозорість. Досить ефективним методом зниження візуальної помітності літака став камуфляж - спосіб маскування, при якому на поверхню літака наносять плями і смуги різних форми і кольору, що змінює його зовнішній вигляд і візуально спотворює контури.

Для нападу на об'єкти з сильною системою протиповітряної оборони (ППО) почали застосовувати тактику нічних нальотів.

З появою РЛС постало завдання спочатку для наземних систем ППО, а згодом і для літаків (бортових РЛС - БРЛС) зменшити можливість виявлення літака за допомогою РЛС, стало актуальним і завдання знищення РЛС супротивника.

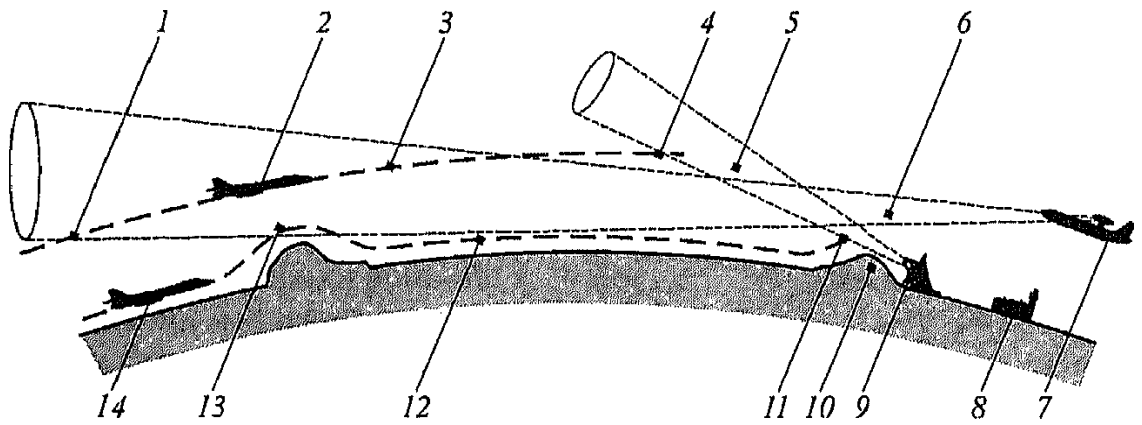


Рисунок 1 – Дальність виявлення літака противника РЛС системи ППО

Літак 2 (рис. 1), що летить на великій висоті по траєкторії 3 до цілі 8, буде виявлений в точці 4 променем 5 антени РЛС 9 системи ППО на досить великій відстані від об'єкта 8. Більш ранньому виявленню літака перешкоджають нерівності рельєфу місцевості (височини, гори) 10, які промінь РЛС не може обігнути. Потужність (дальність) РЛС літака 2 з цієї відстані не дозволяє йому в точці 4 виявити ціль 8, однак бортові системи літака, зафіксувавши його опромінення РЛС системи ППО, можуть, використовуючи розрахункові методи, виявити положення РЛС системи ППО.

Для нападу на об'єкти з сильною системою ППО почали застосовувати тактику знищення РЛС системи ППО спеціальними ракетами, запуск яких з борту літака 2 можливий в точці траєкторії 4, якщо достатня дальність дії ракети. Почали також застосовувати тактику польоту літака 14 до цілі на малій висоті по траєкторії 12 з огинанням рельєфу місцевості. В цьому випадку літак 14 буде виявлений в точці 11 траєкторії, тобто на значно меншому видаленні від цілі, що різко підвищує ймовірність її ліквідації.

Прагнення виявити літак противника на великій відстані від цілі призвело до створення спеціальних літаків дальнього радіолокаційного виявлення (ДРЛВ). Такий літак 7, що патрулює на великій висоті в зоні охоронюваного об'єкта, променем 6 потужною бортовою РЛС може виявити літак противника 2 в точці 1, а на низькій висоті літак 14 - в точці 13, що різко підвищує ймовірність ураження літака противника.

Літак ДРЛВ забезпечує отримання, обробку та передачу інформації про повітряну обстановку на наземні, корабельні, літакові командні пункти; виявлення наземних (надводних) цілей, наведення на них ударних літаків (кораблів); наведення винищувачів-перехоплювачів на повітряні цілі. Такий літак може використовуватися і в суто мирних цілях: для екстреного

відновлення зв'язку в районах природних або техногенних катастроф, збору і обробки інформації для екологічного моніторингу і т.п.

Літаки ДРЛВ створюються найчастіше на базі серійних пасажирських або транспортних літаків. Основні особливості аеродинамічного конструювання таких літаків пов'язані з необхідністю розміщення великогабаритних радіолокаційних антен кругового огляду і забезпечення великої тривалості польоту (до 24 год).

Одна з можливих схем літака ДРЛВ представлена на рис. 4.2. У середині встановленого на пілонах 1 радіопрозорого обтічника 2 розміщені антени 3 РЛС і системи розпізнавання і зв'язку. Місткий фюзеляж пасажирського або транспортного літака-прототипу дозволяє розмістити в ньому складне, важке і великогабаритне спеціальне радіоелектронне обладнання, обладнання обробки (ЕОМ) і передачі інформації, додаткові паливні баки, робочі місця і місця відпочинку льотного екіпажу і операторів систем спеціального обладнання.

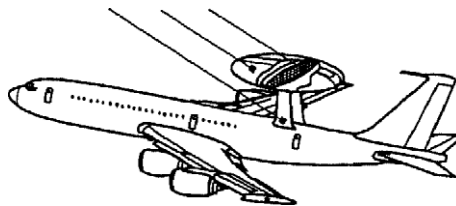


Рисунок 2 – Схема літака ДРЛВ

У порівнянні з наземними і корабельними засобами радіолокаційного виявлення літак ДРЛВ в бойовій обстановці має наступні переваги: практичною відсутністю обмежень для виявлення по висоті польоту повітряних цілей, високою мобільністю і, як наслідок, меншою вразливістю для різних засобів ураження.

Природно, що розміщення на літаку винесених в повітряний потік великогабаритних обтікачів антен і пілонів їх кріплення істотно впливає на аеродинамічні характеристики літака, його стійкість і керованість.

Створення космічних, так само як і літакових, засобів ДРЛВ, впевнено селектуючих і супроводжуючих низькі цілі на тлі підстильної поверхні (землі, води), розробка засобів виявлення цілей по інфрачервоному (тепловому) випромінюванню поставили завдання розробки засобів і методів зменшення радіолокаційної (РЛ) та інфрачервоної (ІЧ) помітності літаків.

2. Ефективна відбивна поверхня.

Радіолокаційну помітність, що характеризує здатність літака відбивати електромагнітні імпульси, що випромінюються наземними або літаковими

РЛС супротивника, прийнято виражати через ефективну поверхню розсіювання (ЕПР), або ефективну відбивну поверхню (ЕВП), яка визначається як площа пластини, встановленої під прямим кутом до напрямку сигналу радіолокатора і повністю відбиває його.

Дальність і стійкість виявлення літака противника при опроміненні РЛС і успішне проведення атаки залежать від інтенсивності відбитого ним сигналу.

Слід зазначити, що ЕВП відіграє значну роль при виконанні сліпих посадок за допомогою наземних радіозасобів і при роботі бортових відповідачів на пасажирських лініях.

Однак не тільки розміри літака (площі перетинів, перпендикулярних напрямку променю РЛС) визначають потужність відбитого сигналу. Добре відбивають випромінену РЛС енергію зовнішні підвіски будь-якого роду (ракети, підвісні паливні баки і т.п.), екрани літакових РЛС, плоскі вертикальні поверхні (кіль і бічні стінки фюзеляжу), різкі злами і перегини в місцях кутових стиків частин літака, перші щаблі компресорів та вентиляторів двоконтурних турбореактивних двигунів; канали повітрозабірників можуть концентрувати і фокусувати відбитий радіолокаційний промінь. Крім того, будь-яка радіоелектронна апаратура літака випромінює електромагнітну енергію, яка може бути зафіксована РЛС супротивника.

3. Методи зниження помітності ЛА.

Зробити літак малопомітним для РЛС супротивника можна, надавши йому форму з малим відбиттям, тобто скомпонувавши його так, щоб він не відбивав електромагнітні хвилі в бік від локатора.

Суттєво зменшує ЕВП застосування на літаку радіопоглинаючих конструкцій (наприклад, на основі вуглепластикових композиційних матеріалів) і протирадіолокаційного забарвлення, яке не поглинає радіолокаційні хвилі, але послаблює інтенсивність відбиття від "гарячих електромагнітних точок" на поверхні літака, тобто від зон з максимальним радіолокаційним відбиттям.

Основними джерелами інфрачервоного випромінювання на літаку є працюючий двигун, гарячі гази реактивного (вихлопного) струменя двигуна, бортові агрегати та прилади, конструкція літака, що піддається аеродинамічному нагріванню при польоті на великих швидкостях.

Зробити літак малопомітним для ІК-засобів виявлення супротивника можна, застосовуючи різні теплові екрани, теплоізоляційні матеріали, відводячи гарячі вихлопні гази двигунів на верхню поверхню літака (тобто

екрануючи їх крилом або фюзеляжем і зменшуючи їх ІЧ-помітність для наземних засобів виявлення) або змішуючи їх із зовнішнім холодним повітрям, а також застосовуючи плоскі сопла (тобто зменшуючи сектор огляду внутрішнього каналу двигуна з задньої півсфери) і т.п.

Комплексне використання методів зниження РЛ- і ІК-помітності літаків за кордоном прийнято позначати терміном "стелс" (від англ. Stealth - крадькома, нишком, потайки) або технологія (техніка) "стелс".

У світі серійно будуються літаки, для яких технологія "стелс" визначає концепцію бойового застосування (прорив системи ППО) і, як наслідок, аеродинамічну схему і компоновку.

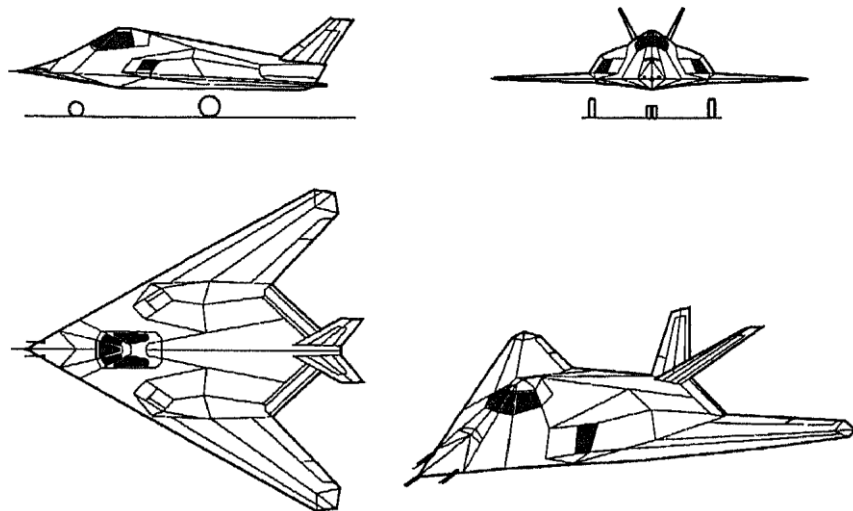


Рисунок 3 – Літак F-117A

У червні 1981 р здійснив перший політ F-117A (надійшов на озброєння в 1990 р) - одномісний дозвуковий тактичний (ударний) винищувач (рис. 3) американської фірми "Локхід" (Lockheed), призначений для прихованого проникнення на малих висотах через систему ППО противника і атак стратегічно важливих наземних об'єктів військової інфраструктури (ракетні бази, аеродроми, центри управління і зв'язку і т.п.), для пошуку і знищення в повітрі військових літаків ДРЛВ. Літак побудований за схемою "бесхвостка" з V-подібним вертикальним оперенням. Зовсім не характерні для дозвукових літаків крило великий стрілоподібності ($67,5^\circ$) з гострою передньою кромкою, окреслений прямими лініями профіль крила, гранований фюзеляж, утворений плоскими панелями, розташованими таким чином один щодо одного, щоб відбивати електромагнітні хвилі в бік від РЛС супротивника. Така форма літака, побудованого за концепцією "площин-відбивачів", отримала назву "фасеточних" (від франц. facette - грань).

Цікаво відзначити, що застосування гранованої конструкції дозволяє зробити об'єкт максимально помітним. На першому самохідному апараті «Луноход-1», призначеному для комплексу наукових досліджень на поверхні Місяця, був встановлений лазерний кутовий відбивач - оптичний пристрій, що відбиття падаючого на нього лазерного випромінювання, що дозволяло з високою точністю вимірювати відстань до Місяця. "Луноход-1" був доставлений на Місяць космічним апаратом "Луна-17" і пропрацював на її поверхні майже рік (з 17.11.1970 по 4.10.1971). Перед припиненням роботи, викликаним вичерпанням ресурсу ізотопного джерела енергії, «Луноход-1» був поставлений на практично горизонтальній площадці в такий стан, при якому кутовий відбивач забезпечив багаторічне проведення лазерної локації його із Землі.

Вжиті й інші заходи для зниження радіолокаційної, теплової та акустичної помітності літака. Розташовані над крилом по обидва боки фюзеляжу плоскі повітрозабірники мають поздовжні перегородки з радіопоглинаючих матеріалів. Частина потоку холодного повітря відділяється на вході в повітрозабірники і, минаючи двигуни, потрапляє в плоскі сопла, що екрануються крилом, нижні панелі яких покриті теплопоглинальними керамічними плитками, що знижує ІК-помітність літака.

Літак не має зовнішніх підвісок, все озброєння розміщено усередині фюзеляжу.

Контури щілин, що утворюються в місцях з'єднання ліхтаря кабіни з фюзеляжем, стулки відсіків шасі і озброєння мають пилкоподібну форму, що також забезпечує ефективне розсіювання електромагнітної енергії і запобігає її прямого відбивання в напрямку приймально-передавальної антени РЛС супротивника.

У конструкції літака широко застосовані радіопоглинаючі і радіовідбиваючі матеріали.

В результаті цих заходів ЕВП літака при опроміненні його локатором спереду і ззаду становить близько $0,01 \text{ м}^2$, а при опроміненні з інших ракурсів - до $0,025 \text{ м}^2$, що на кілька порядків менше, ніж ЕВП звичайних літаків.

Природно, що гранована форма фюзеляжу і незвичайний профіль крила різко погіршують аеродинамічні характеристики літака. В процесі проектування було досягнуто компромісу, при якому вимоги малої помітності радіолокації взяли верх над вимогами аеродинаміки - аеродинамічна якість літака приблизно вдвічі менше, ніж у звичайних літаків-"бесхвосток", що обмежує радіус дії літака і зменшує бойове

навантаження.

У липні 1989 р здійснив перший політ В-2, найдорожчий літак в історії авіації - ціна однієї одиниці перевищує 2 млрд дол.

Дозвуковий стратегічний бомбардувальник США створювався фірмою "Нортроп" (Nortrop) із застосуванням новітніх розробок в області обчислювальної техніки, що дозволило знайти оптимальний компроміс між вимогами аеродинаміки і малої помітності радіолокації.

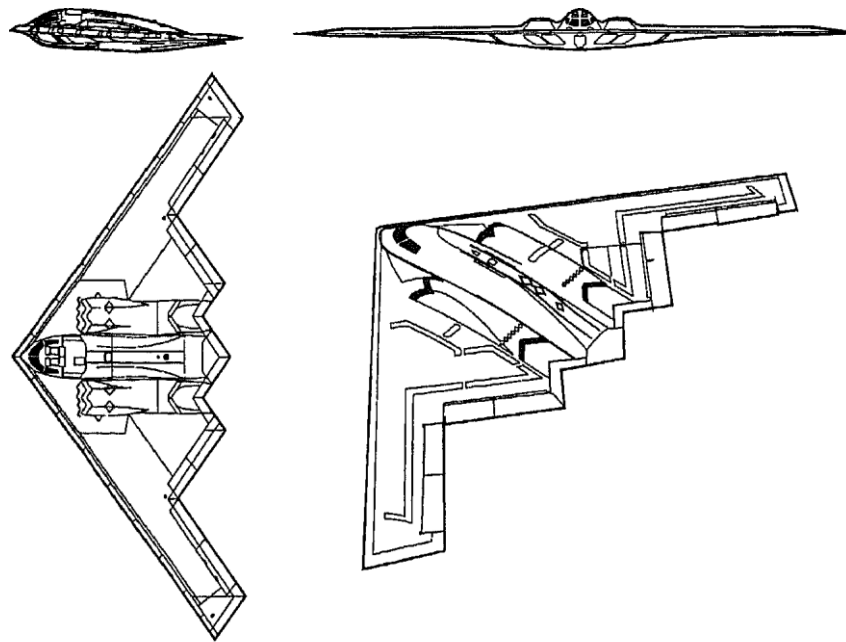


Рисунок 4 – Літак В-2

Літак В-2 (рис. 4) побудований за схемою "літаюче крило" без вертикальних поверхонь управління, що відразу зменшує ЕВП. Традиційні для дозвукових швидкостей польоту поверхні крила були розраховані так, щоб використовувати обшивку подвійної кривизни, що забезпечує не тільки потрібні з точки зору малої помітності радіолокації кути відбиття сигналу РЛС, але і високі аеродинамічні характеристики.

Помірно стрілоподібне по передній кромці крило (33°) великого подовження, звивиста (пілкоподібна) задня кромка, кути стрілоподібності якої (прямі і зворотні) рівні кутам стрілоподібності передньої кромки, плавні обриси профілю крила дозволили отримати майже таку ж аеродинамічну якість, як у дозвукових стратегічних бомбардувальників традиційних схем.

Для керування літаком використовуються трисекційні елевони і щитки-рулі на кінцях крила. Стійкість і керованість літака забезпечуються автоматичними системами управління.

ЕВП стратегічного бомбардувальника В-2 з передньої півсфери становить близько $0,01 \text{ м}^2$, що в 100 разів менше, ніж у стратегічного

бомбардувальника В-1В, в 4000 разів менше, ніж у стратегічного бомбардувальника В-52, і приблизно дорівнює ЕПР тактичного винищувача F-117A.

Якщо врахувати, що В-2 і F-117A істотно розрізняються за максимальною злітною масою (180 000 і 20 000 кг відповідно) і за розмірами (розмах крила 52,4 і 13,2 м відповідно), то можна зробити наступний висновок: використання при проектуванні передових розробок в області обчислювальної техніки дозволяє вирішувати нетривіальні завдання по вибору оптимальних аеродинамічних схем літаків з урахуванням багатьох суперечливих вимог технічного завдання на проектування.

На закінчення слід зауважити, що ці літаки-невидимки не є "невидимими" в будь-якому діапазоні хвиль, однак зменшення РЛ- і ІК-помітності істотно підвищує бойову ефективність літака і створює певні проблеми для засобів ППО. Тому бойові літаки останніх поколінь в більшій чи меншій мірі мають в своїй компоновці і конструкції елементи техніки малопомітного літака. Фахівці в області радіотехніки стверджують, що за допомогою активного бортового радіоелектронного обладнання літак будь-якої конфігурації можна зробити малопомітним.