

УДК 629.74

Е.Ю. Иленко

Харьковский университет Воздушных Сил имени Ивана Кожедуба, Харьков

ВЛИЯНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ НА РАДИОЛОКАЦИОННУЮ ЗАМЕТНОСТЬ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В статье рассмотрен подход к оценке влияния аэродинамической компоновки на радиолокационную заметность беспилотных летательных аппаратов, основанный на использовании зависимости максимальной дальности обнаружения самолета совмещенной РЛС от величины показателя радиолокационной заметности. Показана возможность использования этой зависимости для оценки влияния конструктивно-компоновочных решений на радиолокационную заметность БПЛА.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, радиолокационная заметность, аэродинамическая компоновка, эффективная площадь рассеяния, дальность обнаружения

Введение

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) находит всё большее распространение в решении как военных, так и гражданских задач. В экономически развитых странах доля беспилотных летательных аппаратов за последние 10 лет увеличилась с 2-5 % до 25-30 %. Этот процесс обусловлен интенсивным развитием микропроцессорной вычислительной техники, совершенствованием систем навигации и управления, а также искусственного интеллекта [1]. Современные БПЛА различаются по множеству признаков: аэродинамической компоновке, массе, типу, дальности и продолжительности полета, целевому назначению и другим. Перечисленные признаки легли в основу создания систем классификаций БПЛА (США, Европа, Россия, Украина и др.). В целом, основные задачи, решаемые БПЛА, делятся на три группы [1]:

- 1) проведение разведки:
 - разведка сухопутных и морских целей;
 - разведка воздушных целей;
 - разведка местности;
 - химическая, радиационная и биологическая разведка;
 - метеорологическая разведка;
 - радиотехническая разведка;
- 2) ударные задачи:
 - нанесение ударов по наземным, морским и воздушным целям;
 - поражение элементов систем ПВО;
- 3) обеспечение боевых действий:
 - радиоэлектронная борьба;
 - управление огнем и целеуказание;
 - оценка урона противника;
 - ретрансляция;
 - транспортирование.

Согласно отечественной классификации по масштабу выполняемых задач БПЛА делятся на так-

тические (дальность до 80 км), оперативно-тактические (дальность до 300 км), оперативные (дальность до 800 км), стратегические (дальность более 800 км).

От характера выполняемых задач зависят время пребывания БПЛА в зоне разведки, скорость полета, скорость передачи данных разведки, траектория совершаемого полета, что в итоге определяет тип необходимого БПЛА и его массу.

В общем случае масса БПЛА может быть представлена как функция его геометрических параметров

$$m = f(H, D, L),$$

где H , D , L – соответственно высота, длина, размах крыла БПЛА.

Массо-габаритные характеристики БПЛА влияют на показатели заметности (радиолокационной, инфракрасной, оптической) и являются основными факторами, определяющими значение эффективной площади рассеяния (ЭПР) летательного аппарата.

Целью статьи является обоснование подхода к оценке влияния аэродинамической компоновки на радиолокационную заметность БПЛА.

Основная часть

В [2] рассмотрен показатель радиолокационной заметности для оценки влияния принимаемых конструктивно-компоновочных решений на радиолокационную заметность самолета-истребителя.

Как известно [3], плотность потока мощности, создаваемой антенной РЛС в районе самолета, равна:

$$S_c = \frac{P_{\Pi} G_{\Pi}}{4\pi R_{\Pi-c}^2}, \quad (1)$$

где P_{Π} – мощность передатчика; G_{Π} – коэффициент усиления передающей антенны в направлении на цель; $R_{\Pi-c}$ – расстояние от передатчика до цели.

Так как размеры самолета гораздо меньше $R_{п-с}$, то его можно считать точечным объектом, а фронт падающей волны плоским. Тогда плотность потока мощности у приемной антенны составляет:

$$S_{пр} = \frac{S_c \sigma_{сбст}}{4\pi R_{с-пр}^2}, \quad (2)$$

где $\sigma_{сбст}$ – бистатическая эффективная площадь рассеяния самолета; $R_{с-пр}$ – расстояние от самолета до приемника.

Вводя эффективную площадь приемной антенны $A_{эфпр} = P_{пр}/S_{пр}$, получаем мощность сигнала на входе приёмника РЛС:

$$P_{пр} = \frac{P_{п} G_{п} \sigma_{сбст} A_{эфпр}}{(4\pi)^2 R_{п-с}^2 R_{с-пр}^2}. \quad (3)$$

Так как эффективную площадь приемной антенны можно выразить как:

$$A_{эфпр} = \frac{\lambda^2}{4\pi} G_{пр}, \quad (4)$$

где λ – рабочая длина волны РЛС; $G_{пр}$ – коэффициент усиления приемной антенны в направлении на самолет, то:

$$P_{пр} = \frac{P_{п} G_{п} \sigma_{сбст} G_{пр} \lambda^2}{64\pi^3 R_{п-с}^2 R_{с-пр}^2}. \quad (5)$$

Для совмещенной РЛС $G_{п} = G_{пр} = G$,

$R_{п-с} = R_{с-пр} = R_c$, а $\sigma_{сбст}$ равна моностатической ЭПР σ_c , откуда

$$P_{пр} = P_{п} G^2 \sigma_c \lambda^2 / (64\pi^3 R_c^4). \quad (6)$$

Если мощность сигнала на входе приемника равна его чувствительности $P_{мин}$, то из (6) можем получить максимальную дальность обнаружения самолета:

$$R_c = \sqrt[4]{P_{п} G^2 \sigma_c \lambda^2 / (64\pi^3 P_{мин})}. \quad (7)$$

В [4] показано, что σ_c связана с конструктивными характеристиками самолета показателем радиолокационной заметности Z :

$$\sigma_c = Z S_{кр}^{-1,5} \gamma_V \sigma_{эт} / (8K_c), \quad (8)$$

где $S_{кр}$ – площадь крыла (для эталона – площадь поперечного сечения); γ_V – относительный объем металлических конструкций в объеме, определенном геометрическими размерами самолета ($\gamma_V = 1$ для цельнометаллического эталона; $\gamma_V = 0,02$ – для самолетов - истребителей; для бомбардировщиков, отличающихся меньшей плотностью компоновки и самолетов с внутренним размещением вооружения γ_V имеет меньшие значения); $\sigma_{эт} = \pi$ – ЭПР эталона; K_c – показатель качества мероприятий по снижению радиолокационной заметности самолета.

Величину Z находят как [4]:

$$Z = HDLS_{кр}^{-1,5}, \quad (9)$$

где H, D, L – соответственно высота, длина, размах крыла самолета (для эталона – диаметр). Преобразовав (8) с учетом (9) и подставив его в (7) получаем зависимость максимальной дальности обнаружения самолета совмещенной (моностатической) РЛС в виде:

$$R_c = \sqrt[4]{\frac{P_{п} G^2 \lambda^2 HDLS_{кр}^{-3} \gamma_V}{512\pi^2 P_{мин} K_c}} = \sqrt[4]{\frac{P_{п} G^2 \lambda^2 Z S_{кр}^{-1,5} \gamma_V}{512\pi^2 P_{мин} K_c}} = 0,21 (G \lambda S_{кр}^{-0,75} / \pi)^{1/2} \cdot \sqrt[4]{P_{п} Z \gamma_V / (P_{мин} K_c)}. \quad (10)$$

Тогда $R_c / (G \lambda S_{кр}^{-0,75})^{1/2} = f(Z, \gamma_V, K_c)$.

Если $P_{п} = P_{мин}$

$$R_c = 0,118 \cdot (G \lambda S_{кр}^{-0,75})^{1/2} \cdot \sqrt[4]{Z \gamma_V / K_c}. \quad (11)$$

Согласно данным [2] значения показателя K_c принимают дискретные значения $K_c = 1, K_c = 2$ и $K_c = 20$ в зависимости от приоритета снижения радиолокационной заметности: $K_c = 1$, если при проектировании самолета не ставилась задача снижения радиолокационной заметности; $K_c = 2$, если проведена модернизация самолета первого типа для снижения радиолокационной заметности; $K_c = 20$, если самолет проектировался с целью максимально-возможного уменьшения радиолокационной заметности.

На рис. 1 приведены соответствующие зависимости для самолетов истребителей ($\gamma_V = 0,02$) которые позволяют определять требуемые значения Z по заданному R_c . Далее имеется возможность устанавливать соотношения между $H, D, L, S_{кр}$, обеспечивающие требуемый уровень радиолокационной заметности, а следовательно и дальности обнаружения.

Возможно и решение обратной задачи (рис. 1), когда для заданного сочетания показателей $H, D, L, S_{кр}$ вычисляют соответствующее им значение Z (выражение (9)), по которому оценивают максимальную дальность обнаружения по соответствующим зависимостям вида $R_c / (G \lambda S_{кр}^{-0,75})^{1/2} = f(Z)$ для $K_c = idem$.

Выводы

В целом анализ выражения (11) показывает, что на дальность обнаружения в большей степени оказывает влияние показатель радиолокационной заметности Z , то есть абсолютные размеры ЛА, чем относительный объем металлических конструкций в объеме, определенном геометрическими размерами самолета. Таким образом, конструктивно-компоновочные мероприятия и концептуальные подходы, такие как переход к беспилотной, дистанционно-управляемой боевой авиационной технике, в большей степени способствуют снижению радиолокационной заметности и дальности обнаружения объектов.

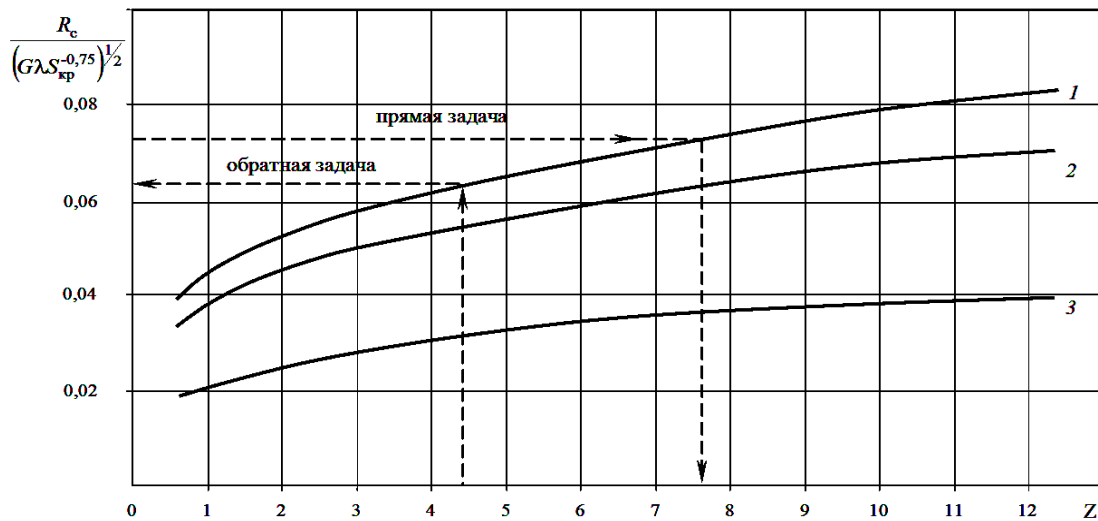


Рис. 1. Зависимость максимальной дальности обнаружения самолета совмещенной (моностатической) РЛС R_c от величины показателя радиолокационной заметности Z : 1 – при $K_c = 1$; 2 – при $K_c = 2$; 3 – при $K_c = 20$

Однако зависимости, полученные для самолетов-истребителей (рис 1), затруднительно использовать для оценки конструктивно-компоновочных решений БПЛА. Необходимо учитывать особенности БПЛА как объекта радиолокационного обнаружения. Как правило, ЭПР БПЛА существенно меньше ЭПР самолета-истребителя или другого средства воздушного нападения. Скорость большинства типов БПЛА также существенно меньше скорости современных истребителей. Весомые различия существуют и в аэродинамической компоновке. Если аэродинамическая компоновка истребителей достаточно унифицирована, то компоновка БПЛА отличается большим разнообразием решений (использование двухкорпусных форм, схемы «утка», нетрадиционные компоновки, применение воздушных винтов).

Систематизация отличительных особенностей БПЛА и их учет в рассмотренном подходе позволяет применить его к оценке влияния конструктивно-компоновочных решений на радиолокационную заметность БПЛА в принципе, что является перспективным направлением дальнейших исследований.

ВПЛИВ АЕРОДИНАМІЧНОГО КОМПОНУВАННЯ НА РАДІОЛОКАЦІЙНУ ПОМІТНІСТЬ БЕЗПІЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Є.Ю. Іленко

У статті розглянутий підхід до оцінки впливу аеродинамічного компоювання на радіолокаційну помітність безпілотних літальних апаратів, заснований на використанні залежності максимальної дальності виявлення літака сполученої РЛС від величини показника радіолокаційної помітності. Показано можливість використання цієї залежності для оцінки впливу конструктивно – компоувальних рішень на радіолокаційну помітність БПЛА.

Ключові слова: безпілотний літальний апарат, радіолокаційна помітність, аеродинамічне компоювання, ефективна площа розсіювання, дальність виявлення.

INFLUENCE OF AERODYNAMIC ARRANGEMENT ONTO RADIO-LOCATION NOTICEABLENESS OF UNMANNED AIRCRAFTS

E.Y. Ilenko

In this article approach to an assessment of influence of aerodynamic configuration on a radar visibility of the unmanned aerial vehicles, based on use of dependence of the maximum radar station range of detection of the plane of combined to the size of an indicator of a radar visibility is considered. Possibility of use of this dependence for an assessment of influence of design-layout decisions on a radar visibility of the unmanned aerial vehicles is shown.

Keywords: unmanned aircraft, radio-location noticeable, aerodynamic arrangement, effective area of dispersion, distance of discovery.

Список литературы

1. Беспилотные летательные аппараты: Методики приближенных расчетов основных параметров и характеристик / В. М. Ильюшко и др., под общ. ред. В.И. Силкова. – К.: ЦНИИ ВВТ ВС Украины, 2009. – 302 с.
2. Аэродинамический облик, радиолокационная и инфракрасная заметность самолетов военного назначения при их обнаружении. Монография / О. Б. Анипко, В. Г. Башинский, Е. А. Украинец. – Запорожье: изд. АО «Мотор Сич», 2013. – 250 с.: ил.
3. Радиолокационные системы: основы построения и теория. Справочник 1 / Я. Д. Ширман и др., под общ. ред. Я. Д. Ширмана. – М.: ЗАО «МАКВИС», 1998. – 828 с.
4. Анипко О. Б. Показатель радиолокационной заметности для оценки влияния принимаемых конструктивно-компоновочных решений на радиолокационную заметность самолета / О. Б. Анипко, Е. А. Украинец // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «ХАИ», 2008. – Вып. 1(52). – С. 7-14.

Поступила в редколлегию 2.06.2014

Рецензент: д-р техн. наук, с.н.с. Е.А. Украинец, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.