

Анипко О.Б., Українець Е.А.

**ПОКАЗАТЕЛЬ ИНФРАКРАСНОЙ ЗАМЕТНОСТИ БОЕВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
ДЛЯ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ КОНСТРУКТИВНО-КОМПОНОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ
НА ЗАМЕТНОСТЬ**

Актуальность и постановка задачи. Для обнаружения воздушных целей успешно используются оптико-электронные системы, работающие в инфракрасной (ИК) области спектра. Высокое пространственное разрешение при малой массе и габаритах, малой потребляемой мощности и высокой скрытности вследствие работы в пассивном режиме обуславливают их достоинства в сравнении с радиолокационными системами [1]. Недостатком тепловизионных систем является зависимость их эффективности от метеорологических условий и характера излучения цели в ИК диапазоне спектра.

Цель исследования. При многовариантных проработках компоновок ЛА боевой авиации перед разработчиком стоит задача удовлетворения заданным тактико-техническим характеристикам при максимально возможном снижении уровня всех видов заметности, в том числе, инфракрасной. Целью исследования является разработка показателя ИК заметности ЛА боевой авиации для оценки влияния принимаемых на начальной стадии синтеза ЛА конструктивно-компоновочных решений на уровень заметности.

Известно, что излучение ЛА складывается из собственного излучения и отраженного излучения Солнца и фона. В ИК области спектра собственное излучение существенно превосходит переотраженное излучение фона, которым будем в дальнейшем пренебрегать. Основными источниками собственного ИК излучения являются (рис. 1):

- сопла турбореактивных двигателей;
- реактивная струя;
- планер самолета, вследствие аэродинамического нагрева.

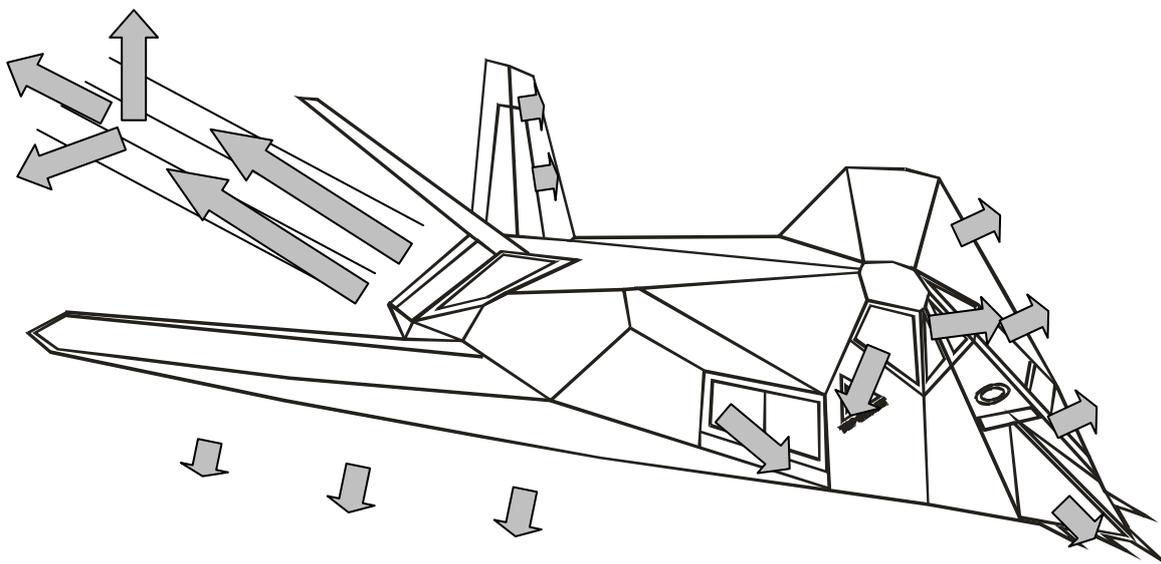


Рисунок 1 – Основные источники собственного ИК излучения самолета

Наиболее важный из этих источников – горячие части реактивного двигателя (турбина и сопло). Излучение струи сосредоточено главным образом в спектральных областях излучения основных продуктов сгорания – паров воды и углекислого газа. Вклад излучения планера вследствие его аэродинамического нагрева в общее излучение зависит от режима полета и условий наблюдения. Горячие лопатки турбины и стенки канала сопла находятся внутри планера самолета, термоизолированы, экранированы и

значительная часть их излучения поглощается другими, более холодными элементами. Однако [1] определенная часть излучения в задней полусфере, достигает наблюдателя из-за прямой видимости горячих элементов и переотражения от поверхности сопла.

Параметры, от которых зависит ИК излучение, оказывают на его величину различное влияние. Так, величина излучения меняется пропорционально изменению площади и коэффициенту излучения и, согласно закону Стефана-Больцмана [2], пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры. Излучение струи складывается из излучения начальной зоны смешения и зависит от профиля температур излучающего объема газа и парциальных давлений излучающих компонентов струи – в основном углекислого газа и паров воды. Концентрация основных излучающих компонентов, а также наличие и концентрация прочих излучающих компонентов определяются параметрами двигателя, режимом его работы и характеристиками используемого топлива. Следовательно, собственное излучение ЛА определяется распределением абсолютных значений температуры, оптическими характеристиками его элементов, его геометрией и концентрацией продуктов сгорания [1].

Показатель инфракрасной заметности для оценки влияния принимаемых конструктивно-компоновочных решений на инфракрасную заметность боевых летательных аппаратов представим в виде:

$$Z_j = \left(\frac{T_{\Gamma}^*}{T_{\Gamma_{\max}}^*} \right)^4 \left(\frac{1}{1+m} \right)^5 k_F k_c k_{mn}, \quad (1)$$

где $T_{\Gamma}^* = 2200$ К – температура горения стехиометрической керосиново-воздушной смеси; $T_{\Gamma_{\max}}^*$ – максимально допустимая температура газов за камерой сгорания двигателей ЛА; m – степень двухконтурности. Степень двухконтурности, подставляемая в показатель ИК заметности, увеличивается по сравнению со степенью двухконтурности двигателей в случае переразмеренных воздухозаборников силовой установки, использования схемы двухконтурного двигателя без смешения потоков (F-22A) и использования избыточного воздуха для охлаждения в соплах двигателей с целью уменьшения ИК заметности (F-117A); $k_F = 15 \dots 20$ – коэффициент использования форсажного режима двигателя. Такое увеличение показателя ИК заметности связано с возрастанием ИК излучения при использовании форсажного режима, большего на порядок, чем прирост тяги [1]; $k_c = 0,5 \dots 1$ – коэффициент формы сопла двигателя, меньшие значения соответствуют плоским соплам с большим отношением сторон (F-117A, B-2A, F-22A), большие значения – осесимметричным соплам; $k_{mn} = 0,5 \dots 1$ – коэффициент качества принимаемых конструктивно-компоновочных решений по снижению ИК излучения двигателя.

Может показаться парадоксальным обратное отношение температур в показателе ИК заметности, однако в данном случае обратное отношение температур характеризует совершенство двигателя, как тепловой машины, а изменения цикла двигателя, ведущие к улучшению теплового к.п.д., как известно, снижают уровень ИК излучения [1].

На рис. 2 представлена зависимость показателя инфракрасной заметности Z_j от показателя радиолокационной заметности ЛА Z [3].

Анализ представленной зависимости позволяет сделать следующие выводы:

– вербальное требование снижения всех составляющих заметности (радиолокационной, инфракрасной, акустической и визуальной) может быть выражено формально через показатели заметности. Так, для наиболее распространенных способов обнаружения ЛА боевой авиации [4, 5], их взаимная связь через показатели радиолокационной и инфракрасной заметности может быть представлена в следующем виде:

$$Z_j = 0,042Z^3 - 0,35Z^2 + 1,03Z - 0,7177, \quad (2)$$

величина достоверности аппроксимации в диапазоне величины компоновочного показателя Z от 0,92 до 4,15:

$$R^2 = 0,8321; \quad (3)$$

– существует противоречие между необходимостью уменьшения степени двухконтурности двигателей для обеспечения сверхзвукового крейсерского полета при увеличенном из-за внутреннего размещения вооружения и переразмеренного крыла сопротивлении малозаметного самолета, и необходимостью увеличения степени двухконтурности двигателей, как эффективного средства снижения ИК заметности. Это противоречие может быть разрешено применением регулируемых (F-22A, YF-23) и нерегулируемых плоских сопел (F-117A), имеющих меньшую газодинамическую эффективность, применением переразмеренных воздухозаборников для охлаждения сопел (F-117A), имеющих большее внешнее сопротивление;

– использование форсажного режима непропорционально увеличивает ИК заметность самолета и должно быть ограничено взлетно-посадочными режимами, маневрированием в воздушном бою.

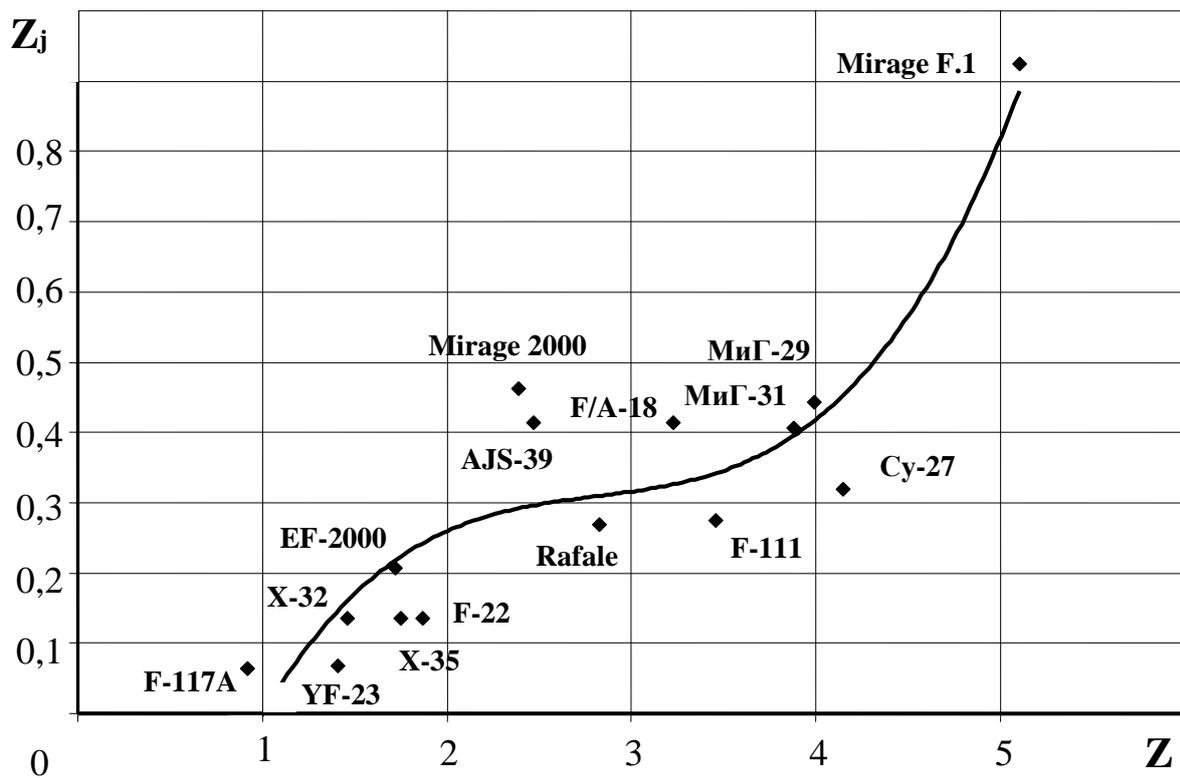


Рисунок 2 – Зависимость показателя инфракрасной заметности от показателя радиолокационной заметности боевых ЛА

Выводы. Таким образом, для оценки конструктивно-компоновочных решений, принимаемых на начальной стадии синтеза ЛА разработан показатель ИК заметности ЛА боевой авиации. Показана взаимная связь радиолокационной и инфракрасной заметности, получено аналитическое выражение взаимосвязи их показателей. В дальнейшем предполагается разработка показателей оптической и акустической заметности ЛА боевой и военно-транспортной авиации. На основе этого может быть построена многомерная область вариантов соотношений аэродинамических характеристик и заметности ЛА в радиолокационном, инфракрасном, оптическом и акустическом диапазонах спектра.

Литература

1. Гальцев А.П. Заметность летательных аппаратов в ИК области спектра / А.П. Гальцев, А.П. Мороз, И.Г. Косарева // Обзор ЦАГИ. – № 628. – 1983. – № 628. – 64 с.

2. Крейг Ф. Основы теплопередачи: Пер. с англ. / Ф. Крейг, У. Блэк. – М.: Мир, 1983. – 512 с.
3. Анипко О.Б. Показатель радиолокационной заметности для оценки влияния принимаемых конструктивно-компоновочных решений на радиолокационную заметность / О.Б. Анипко, Е.А. Украинец // Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. – Харьков: НАКУ «ХАИ», 2008. – № 1(52). – С. 7–14.
4. Гусейнов А.Б. Показатели заметности летательных аппаратов и способы их снижения: [учебное пособие] / А.Б. Гусейнов, И.Е. Перков. – М.: МАИ, 2005. – 95 с.
5. Способы оценки радиолокационной и ИК заметности самолетов // Техническая информация ЦАГИ. – 1988. – № 11(1585). – С. 1–9.

УДК 629.7.022; 623.624.9

Аніпко О.Б., Українець Е.А.

ПОКАЗНИК ІНФРАЧЕРВОНОЇ ПОМІТНОСТІ БОЙОВИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНО-КОМПУНУВАЛЬНИХ РІШЕНЬ НА ПОМІТНІСТЬ

При багатоваріантних опрацюваннях компоновок ЛА бойової авіації перед розробником стоїть задача задоволення заданим тактико-технічних характеристикам при максимально можливому зниженні рівня всіх видів помітності, у тому числі, інфрачервоної. Для оцінки конструктивно-компоновальних рішень, що приймаються початковій стадії синтезу ЛА розроблено показник інфрачервоної помітності ЛА бойової авіації. Показаний взаємний зв'язок радіолокаційної і інфрачервоної помітності, отримано аналітичне вираження взаємозв'язку їх показників.

Anipko O.B., Ukrainets E.A.

INDEX OF INFRA-RED VIEWING OF BATTLE AIRCRAFTS FOR ESTIMATION OF IMPACT OF STRUCTURAL-ARRANGEMENT DECISIONS ON VIEWING

The task of conformity of definite tactics-technical characteristics at the maximally possible descent of level of all types of viewing, including, infra-red stands before a developer during the multiple researches of arrangements of battle aircrafts. The index of infra-red viewing of battle aircrafts is developed for estimation of the structural-arrangement decisions accepted on the initial stage of the aircraft synthesis. The interconnection of radio-location and infra-red viewing is shown; analytical expression of connection of their indexes is got.