

О ПУТЯХ СНИЖЕНИЯ ЗАМЕТНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ БОЕВЫХ САМОЛЕТОВ

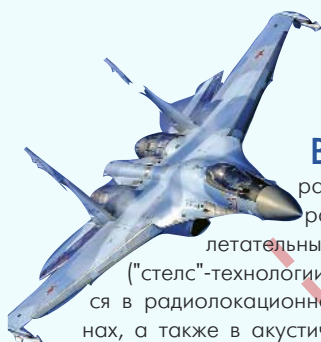
Андрей Иванович Касьян, к.т.н., МФПУ "Синергия"

Игорь Александрович Нестеров, к.т.н., доцент кафедры информатики и математики Московского университета МВД России имени В.Я. Кикотя

В статье рассматриваются пути дальнейшего развития технологии "стелс" и влияние технологии на внешний облик боевой авиации будущего и на средства обнаружения. Одно из перспективных направлений в этой сфере предполагает использование в РЛС более низких частот электромагнитного спектра (УВЧ, ОВЧ) по сравнению с обычным рабочим радиолокационным диапазоном. Другое направление связано с инфракрасными комплексами, способными обнаружить тепловое излучение горячих частей ЛА. Успехи этих технологий требуют снижения демаскирующих признаков ЛА не только в радиолокационном, но и в ИК-диапазоне.

The article discusses the ways of further development of the stealth technology and the impact of the technology on the appearance of the future combat aircraft and on detection tools. One of the promising areas in this area involves the use in radars of lower frequencies of the electromagnetic spectrum (UHF, VHF) in comparison with the usual working radar range. Another direction is associated with infrared complexes capable of detecting thermal radiation from the hot parts of aircraft. The successes of these technologies require a reduction in the unmasking features of the aircraft not only in the radar, but also in the infrared range.

Ключевые слова: стелс-технологии, низкочастотные РЛС, радиопоглощающие материалы.
Keywords: stealth technology, radars of lower frequencies, radiation-absorbent materials.



В современном авиационном строении интенсивно разрабатываются технологии снижения всеракурсной радиолокационной заметности летательных аппаратов в широком диапазоне частот ("стелс"-технологии). Снижение заметности ЛА осуществляется в радиолокационном, оптическом, инфракрасном диапазонах, а также в акустическом. Наибольшее внимание уделяется уменьшению радиолокационной заметности, так как обнаружение на больших расстояниях обеспечивают РЛС, а также инфракрасные датчики. Применение радиопоглощающих покрытий обеспечивает заметное снижение уровня отражений, однако основное влияние оказывает форма ЛА. Поэтому одним из важнейших направлений стелс-технологии является выбор формы объекта (самолета, БЛА), позволяющей отражать радиолокационные волны в стороны с одновременным поглощением энергии излучения. С этой целью конструируются особые фюзеляжи и крылья, на которые наносятся покрытия, чему способствует совершенствование методов математического моделирования ЭПР. Современная концепция малозаметных ЛА требует, чтобы это свойство не шло в ущерб маневренности. В этом случае наиболее эффективным является использование поглощающих покрытий [2].

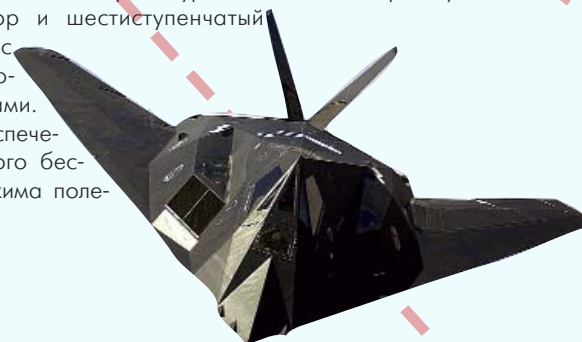
Отражения падающих волн от поверхности сопла, от кромок крыла и хвостового оперения увеличивают ЭПР с задней полусферы. Важный демаскирующий вклад вносит реактивная струя двигателя. При передних ракурсах основной вклад вносят воздухозаборники. В то же время с боковых ракурсов авиационные конструкции обычно имеют большую площадь и оснащены элементами, хорошо отражающими радиолокационные волны.

БРЛС истребителя Су-35 в режиме узкого луча обнаруживает цели с ЭПР, равной нескольким квадратным метрам, на дальности 300-400 км с передней полусферы и на дальности около 100 км с задней полусферы [3]. Особенно трудно обнаружить цели, движущиеся перпендикулярно лучу РЛС. Дальность применения наземных ЗРК (С-300/400) ограничена радиогоризонтом (а не дальностью радарного обнаружения). Поэтому задачу увеличения дальности обнаружения малозаметных ЛА целесообразно решать путем размещения мощных БРЛС на борту БЛА. Оптико-локационная система Су-35, функционирующая в диапазоне MWIR (1,5...6 мкм), способна обнаруживать цели габаритами с самолет Су-30 на дальностях 90 км с задней полусферы и 35 км с передней полусферы [1].

Американский истребитель F-117 имел фасеточную форму,

поглощающее покрытие, узкое выхлопное сопло с отклоненной вверх панелью, защищающей от проникновения радиоволн. Для моделирования использовались соответствующие фасеточные методы и программы. К моменту проектирования бомбардировщика В-2 появилось усовершенствованное программное обеспечение, рассчитывающее ЭПР сложных криволинейных поверхностей. Схема В-2 - "летающее крыло" с W-образной задней кромкой. Фюзеляж с плавным сопряжением плоскостей имеет меньшую ЭПР, чем фасеточный. На бомбардировщике применена "четырёхлепестковая схема": параллельные передние и задние кромки корпуса и кромки люков, створок ниш шасси и отсеков двигателей, а также обечаяк воздухозаборников формируют х-образно расположенные четыре основных сектора отражения. Носок крыла имеет внутреннюю шиловидную радиопоглощающую конструкцию с сотовым наполнителем. Однако опыт проектирования самолетов В-2 и F-22 показал, что результаты моделирования должны проверяться в ходе испытаний.

С целью обеспечения высокой маневренности возникла необходимость оснащения истребителей двигателями с отклоняемым вектором тяги. Так, истребитель F-35 использует малозаметные формы F-22 и оснащен двигателем F135 с осесимметричными соплами с РЛ-сигнатурой, аналогичной сигнатуре плоского сопла F-22 (двигатель F135 разработан на основе F119). Воздухозаборники F-22 ромбовидного сечения не оснащены подвижными клиньями, несмотря на то, что максимальное число $M = 2,25$. Для обеспечения характеристик скрытности створки имеют пилообразную переднюю кромку, а каналы спроектированы так, что первая ступень компрессора невидима. Экранная решетка имеет сотни прецизионно прорезанных отверстий. Двигатель F119-100 является ТРДДФ с малой степенью двухконтурности. Он имеет трехступенчатый вентилятор и шестиступенчатый компрессор с цельными монолитными дисками. Требование обеспечения сверхзвукового бесфорсажного режима поле-



та предопределило более теплонпряженный режим работы турбокомпрессора.

Следует заметить, что если длина радиолокационной волны увеличивается, то интенсивность зеркального отражения падает, но незеркальное отражение (поверхностные волны) возрастает. Мощность зеркального отражения от плоских участков обратно пропорциональна квадрату длины волны. Интенсивность излучения бегущих волн возрастает с квадратом их длины. Дифракционные явления на криволинейных поверхностях усиливаются с ростом длины волны. Физика явлений способствует применению для целей обнаружения низкочастотных РЛС с быстрой перестройкой частоты. Например, преимущества метрового диапазона связаны с возможностью подключенных к приемо-передающим модулям фазовращателей автоматически изменять форму диаграммы направленности антенны, достигая более высоких рубежей обнаружения. В случае метровых волн слабые флуктуации отраженных сигналов и малая изрезанность диаграммы переизлучения обеспечивают устойчивое сопровождение и измерение координат цели.

С целью исключения резонансных эффектов бомбардировщик В-2 сконструирован без хвостового оперения, которое увеличивало бы ЭПР на некоторых ракурсах. Выбранная кривизна поверхностей ограничивает размеры зоны зеркальных отражений и минимизирует отражения, обусловленные поверхностными токами. Значительная площадь фюзеляжа В-2 покрыта радиопоглощающими материалами, что позволяет обеспечить величину ЭПР, не превышающую 0,001 м². Разрабатываемый в США истребитель 6-го поколения имеет подобный облик. Однако расчеты показывают, что для волн метрового диапазона ЭПР будет на несколько порядков выше [4].

Воздухозаборник В-2 имеет изогнутый воздухопровод, покрытый радиопоглощающими материалами. Для ограничения отражений падающих волн сопло сделано узким и также покрытым радиопоглощающими материалами. Воздухозаборники и сопла размещены в верхней части фюзеляжа бомбардировщика.

Самолеты технологии "стелс" используют практически одинаковые методы снижения заметности и отличаются, в основном, устройством сопловых аппаратов. Двигатели истребителей F-22 и F-35 оснащены малозаметными форсажными камерами. За турбиной располагаются толстые лопатки, экранирующие горячие вращающиеся элементы. Форсунки для впрыска топлива размещаются в лопатках. Турбину низкого давления прикрывают лопатки с отверстиями небольшого диаметра, через которые подается охлаждающий воздух.

Истребитель F-22 оснащен плоскими поворотными соплами с клиновидными законцовками. Створки сопел имеют сужающийся и расширяющийся участки, позволяющие регулировать проходное сечение сопла. В целях снижения демаскирующих признаков осесимметричная струя выхлопных газов преобразуется в плоскую с завихрениями. Небольшие отверстия на внутренних клиновидных кромках предназначены для подачи охлаждающего воздуха. Более экономный метод снижения теплового излучения выб-



ран для силовой установки истребителя F-35. Сопло двигателя F135 оснащено 15 парными створками, перекрывающимися между собой и обеспечивающими его расширение. Внешние створки облицованы плитками, образуя пилообразную кромку. Шевроны на задних кромках сопловых створок приводят к образованию завихрений, укорачивающих факел выхлопных газов. Внутренние поверхности парных створок имеют небольшие отверстия для охлаждения. В некоторых источниках говорится о наличии между хвостовым оперением и шевронами эжекторов, обеспечивающих подачу охлаждающего воздуха.

Из опубликованного изображения В-21 следует, что конструкция нового бомбардировщика усовершенствована и ожидаемая величина ЭПР будет дополнительно уменьшена. Воздухозаборник В-21 отличается от входного устройства бомбардировщика В-2. Он имеет не зубчатые кромки, а прямые, переходящие в поверхность фюзеляжа и не имеет отсекающих пограничного слоя. Воздухозаборники В-21 похожи на входные устройства F-35. Считается, что технологии "стелс" обеспечат В-2 и В-21 малозаметность в метровом диапазоне.

Следует отметить, что появились РЛС, работающие в ВЧ-диапазоне (3...30 МГц). Это приводит к тому, что невозможно создать ЛА, геометрическая форма и размеры которого не будут формировать резонансное и релеевское рассеяние соответствующих радиоволн. В тоже время появились магнитные материалы, эффективно поглощающие электромагнитную энергию на этих частотах. В будущем малозаметность ЛА явится средством обеспечения боевой живучести. Истребители 6-го поколения будут обладать минимальными демаскирующими признаками. Более мощный воздушный поток во внешнем канале разрабатываемых трехконтурных двигателей позволит эффективно охлаждать факел выхлопных газов и снизить тепловую сигнатуру. Соперничество технологий "стелс" и "контр-стелс" будет усиливаться и определяться соотношением "стоимость/боевая эффективность".

Литература

1. В.А. Чабанов, Н.К. Яковлева. Влияние технологии "стелс" на облик боевой авиации будущего // НТИ ГосНИИАС, № 1, 2020 г., стр. 2.
2. Российская газета: "Российские "стелс-технологии" востребованы на мировом рынке (Интервью с чл.-корр. РАН А.Н. Лагарьевым), вып. № 0(3460), 21.04.2004.
3. Aviation Week. 2017, 18/1X-1/X, p. 64.
4. О.И. Сухаревский, В.А. Василец, С.В. Кукобко Рассеяние электромагнитных волн воздушными и наземными радиолокационными объектами.-Х.:ХУПС, 2009.

Связь с автором: a.kasyan1@yandex.ru

