

РЭА ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ ИСТРЕБИТЕЛЕЙ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Американская фирма Lockheed Martin продолжает разработку истребителя завоевания превосходства в воздухе нового поколения F-22 Raptor. Этот самолет демонстрирует радикальный отход от традиционного использования бортовой РЭА, предназначенной для индивидуальной его защиты. Так, предусмотрено повышение роли пассивных средств обнаружения, сопровождения и атаки целей. Работа бортовой РЛС предполагается лишь при выполнении специальных заданий, а создание активных помех в традиционном смысле вообще не планируется. Используемый к разработке самолета F-22 подход сказывается до некоторой степени и на других программах создания новых истребителей, включая истребитель Rafale французской компании Dassault, истребитель Typhoon консорциума Eurofighter и истребитель JAS Gripen шведской компании Saab. Результаты работы по созданию F-22 окажут также решающее воздействие на программу разработки в США ударного истребителя JSF для нескольких военных ведомств страны.

ИСТРЕБИТЕЛЬ F-22

Проект ВВС США перспективного тактического истребителя (АТФ), который вылился в программу создания самолета F-22, поставил перед разработчиками средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ) очень сложные проблемы. Во-первых, воздушные цели, представляющие для истребителя основную угрозу, движутся с большой скоростью, что усложняет их опознавание, определение местоположения и сопровождение. Да и высокая скорость самого F-22 также сокращает время на перехват. Что касается технологии "стелс", то еще в 80-е годы было сделано заключение, что самолет, выполненный по этой технологии, не может выжить в боевых условиях лишь за счет одной низкой эффек-

тивной поверхности рассеяния. Только классическое средство получения информации о ситуации в воздухе — мощная обзорная РЛС — способна свести на нет преимущества малозаметности, обеспечиваемой технологией стелс: непрерывный поиск в большом объеме пространства не очень-то совместим с концепцией низкой вероятности перехвата сигналов противником. Кроме того, от технологии стелс будет мало пользы, если истребителю для опознавания цели необходимо приблизиться к ней до расстояния визуальной видимости. Поэтому большое значение имеет беззапросное опознавание цели.

Решение этих проблем состоит в слиянии информации от датчиков на борту F-22, основные из которых — РЛС APG-77 компании Northrop Grumman и пассивная приемная система ALR-94 фирмы Sanders. Истребитель имеет также две системы передачи данных: одна со стандартным метровым/дециметровым диапазоном, другая — маломощная линия связи с малой вероятностью перехвата, которая связывает между собой два или больше истребителей F-22, находящихся на малом расстоянии друг от друга. Все эти датчики соединены с блоками общего интегрального процессора, размещенного в передней части фюзеляжа, где их данные сопоставляются по азимуту, углу места и дальности и объединяются в виде файла сопровождения. Окончательное изображение цели получается путем выбора информации от наиболее точного источника. Например, пассивная система может обеспечить максимально точные азимутальные данные, а РЛС — самую точную дальность.

Программные средства процессора управляют работой бортовой РЛС APG-77 в соответствии с принципами управления излучением. В результате изменения зондирующих сигналов по мощности, длительности и направлению излучения летчик обеспечивается информацией о ситуации в воздухе при одновременной минимизации вероятности того, что эти сигналы будут перехвачены противником.

Интеграция информации от датчиков и управление излучением тесно связаны между собой. Чем полнее используются линии передачи данных и система ALR-94 для создания и обновления тактической картины, тем меньше необходимость в РЛС. Важная роль в защите

Н. Щербак



Истребитель F22



от сопровождения средствами противника отводится линии связи с малой вероятностью перехвата, которая позволяет любому истребителю F-22 в полете предоставлять радиолокационные данные другим самолетам.

РЛС APG-77 имеет активную антенную решетку с электронным сканированием, содержащую порядка 1200 модулей передатчиков и приемников. Благодаря такому большому числу передатчиков APG-77 может работать как несколько отдельных РЛС одновременно. Кроме того, эта станция способна очень быстро изменять форму луча, а ее приемные модули – работать в пассивном режиме (только на прием). В станции происходит одновременное, с различной частотой обновление данных о целях в пределах ее поля обзора. На истребителе F-22 предусмотрены резервы по пространству, массе и средствам охлаждения для установки дополнительных боковых антенных решеток по любую сторону от носа. Наличие этих решеток обеспечит радиолокационное перекрытие в пределах почти 270°. Истребитель F-22 не имеет специализированных систем создания помех, однако антенная решетка станции APG-77 может быть использована для генерирования мощных лучей помех в определенном частотном диапазоне.

ALR-94 – наиболее эффективная пассивная система, которая когда-либо устанавливалась на борту истребителя. В ней свыше 30 антенн, размещенных в крыльях и фюзеляже, что обеспечивает на всех диапазонах перекрытие в пределах 360°. Система способна обнаруживать, сопровождать и опознавать цель задолго до того, как ее обнаружит РЛС, на расстоянии 460 км и даже больше. При сближении с целью на расстояние не менее 180 км обеспечивается целеуказание для APG-77 с использованием формируемого системой ALR-94 файла сопровождения. В результате этого бортовая РЛС обнаруживает и сопровождает цель с помощью очень узкого луча ($2 \times 2^\circ$ в азимутальной и угломестной плоскостях).

Система ALR-94 сопровождает источники излучения с высоким уровнем приоритета, такие как истребители на близком расстоянии, в реальном времени. В режиме узкополосного чередующегося поиска и сопровождения радиолокатор используется лишь для обеспечения точных данных о расстоянии и скорости с целью подготовки ракетной атаки. Если самолет противника опометчиво введет в действие свою РЛС, система ALR-94 обеспечит всю информацию, необходимую для пуска ракеты воздушного боя средней дальности AIM-120 и ее наведения до момента попадания в цель.

ALR-94 определяет направление, тип угрозы и расстояние до нее, а затем рассчитывает расстояние, на котором РЛС противника может обнаружить F-22. Все данные поступают на бортовые дисплеи, и летчику предоставляется своевременная графическая информация для проведения маневров по защите самолета. На экране основного дисплея отметки РЛС управления огнем зенитных ракет и РЛС дальнего обнаружения заключены в окружности, которые показывают их расчетную эффективную дальность ведения огня.

На истребителе F-22 не предусмотрена установка электронно-оптической системы для опознавания цели, поскольку считается, что у летчика достаточно средств для распознавания любой цели, активной или пассивной, за пределами визуальной видимости.

Разработка системы бортовой РЭА индивидуальной защиты для истребителя F-22 оказалась очень сложной и трудоемкой проблемой, поэтому при ее создании был учтен опыт работы над другими аналогичными проектами. Так, вначале все программное обеспечение создавалось для таких же аппаратных средств с использованием таких же компиляторов и операционных систем. Это позволило избежать проблем, связанных с интеграцией аппаратных средств.

Испытания полной бортовой системы РЭБ проходят в три этапа: в наземной лаборатории интеграции авионики, затем – на борту само-

лета Boeing 757, используемого в качестве летающей лаборатории, и в завершение – на опытных образцах F-22. В состав наземной лаборатории входит вышка с установленными на ней датчиками. В летающей лаборатории крыло приспособлено для монтажа полноразмерных антенн в должной ориентации. Внутри салона – полный комплект блоков интегрального процессора для проведения испытаний с участием летчика в контуре управления и несколько рабочих станций. Испытания на борту Boeing 757 намного дешевле, чем на самом истребителе F-22.

Первые блоки комплекта датчиков были установлены на самолете Boeing 757 в 1998 г., а испытания начались в декабре того же года. Тогда использовались программные средства Block-1, позволяющие обнаруживать любые возникающие в ходе испытаний проблемы, так что в дальнейшем не приходилось переписывать сами программные средства. С октября 1999 г. использовались программные средства Block-2, которые обеспечивали интеграцию некоторых функций аппаратуры РЭБ, связи, навигации и опознавания (СНИ). Наиболее перспективный вариант программных средств – Block 3.0 фирмы Sanders, предназначенный для слияния информации от РЛС, аппаратуры РЭБ и подсистемы СНИ. Версия Block 3.0 поддерживает работу приемника предупреждения о радиолокационном облучении, аппаратуры радиотехнической разведки, а также выполнение функции поиска и сопровождения с использованием антенны с узкой диаграммой направленности. При разработке Block 3.0 фирма Sanders широко использовала моделирующую установку компании Comptek Amherst Systems стоимостью 19 млн. долл. Наиболее сложная проблема состояла в моделировании одновременного поступления на F-22 Raptor сотен радиочастотных сигналов, каждый из которых в приемных антеннах самолета должен сохранять соответствующую амплитуду и относительный фазовый сдвиг для определения угла прихода. Моделирующая установка использует тысячи микропроцессоров коммерческого назначения с применением волоконно-оптических линий. Объем быстродействующего ОЗУ составляет почти 40 Гбайт, общая производительность превышает 500 000 млн. инструкций/с, что примерно соответствует 5 000 ПК на основе процессоров Pentium.

Результаты испытаний Block 3.0 на борту F-22 должны были использоваться в качестве одного из критериев при принятии в середине декабря 2000 г. решения относительно перехода к этапу первоначального выпуска небольшого числа истребителей завоевания превосходства в воздухе.

ИСТРЕБИТЕЛЬ JSF

Компании Lockheed Martin и Boeing, принимающие активное участие в работах по интеграции авионики истребителя F-22, участвуют и в разработке бортовой РЭА для истребителя JSF (Joint Strike Fighter). В основе работы этой аппаратуры также лежит слияние информации от многих датчиков, что обеспечивает быстрое обнаружение, опознавание и определение местоположения неожиданно появляющихся целей и проведение точной атаки на них. В планы входит использование дисплеев большого формата и РЛС с антенными решетками с электронным сканированием.

Во многих отношениях истребитель JSF должен быть совершеннее истребителя F-22. В частности, предусматривается слияние информации от РЛС с синтезированной апертурой и электронно-оптических систем как в режимах атаки, так и индивидуальной защиты. Авионика JSF должна быть дешевле и легче, чем у F-22, причем намечено ши-



Истребитель JSF

роко использовать уже разработанные и имеющиеся в продаже технологии.

Самолет JSF будет иметь пять основных комплектов датчиков, работающих с центральным процессором. Первые два датчика образуют многофункциональную интегрированную радиочастотную систему. Это многофункциональная решетка переднего обзора, эквивалентная РЛС APG-77, которую разрабатывают на конкурсной основе фирмы Raytheon и Northrop Grumman, и пассивная система РЭБ фирмы Sanders, использующая как свои собственные антенны, так и многофункциональную решетку.

Еще два датчика образуют электронно-оптическую систему. Это – система целеуказания переднего обзора, представляющая собой ИК-систему определения местоположения и содействия в опознавании целей, и ИК-система с распределенными апертурами, состоящая из плоских решеток с датчиками в фокальных плоскостях, которые обеспечивают полное сферическое перекрытие вокруг самолета. У последней системы три функции: подача видеосигнала на бинокулярный индикатор дневного/ночного видения в шлеме летчика, предупреждение о приближении управляемой ракеты к самолету и обнаружение воздушных целей.

Аппаратуру РЭБ и датчики для истребителя JSF невозможно изготовить по современной технологии с приемлемыми расходами. Наиболее высокие затраты на авионику F-22 связаны с необходимостью установки отдельных антенн для всех частотных диапазонов и ракурсов при совместимости их апертур с технологией стелс. Антенны там устанавливаются в полостях, заполняемых радиопоглощающим материалом, и закрываются специальными материалами, которые пропускают необходимые сигналы и поглощают сигналы от РЛС противника. Однако для истребителя JSF задача состоит в снижении стоимости и уровня сложности антенной системы путем изготовления более простых антенн и использования одной антенны или апертуры для выполнения нескольких задач.

Хотя некоторые ключевые функции авионики истребителя JSF уже продемонстрированы, эксперты отмечают, что демонстрация аналогичных функций авионики F-22 была осуществлена еще в 1989-90 гг. При разработке JSF существует еще ряд очень сложных нерешенных проблем, среди которых поиск технологий, обеспечивающих приемлемый уровень стоимости бортовой РЭА. В то же время разработка JSF зависит от результатов работ над F-22. Если программа создания F-22 будет прекращена, проект разработки JSF подвергнется радикальному пересмотру.

В течение 2001 года должен быть заключен контракт на техническую разработку самолета JSF, который определит, в комплектации с какой бортовой РЭА (фирмы Lockheed Martin или Boeing) будет выпущен самолет.

ЕВРОПЕЙСКИЕ ИСТРЕБИТЕЛИ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Три истребителя следующего поколения – Rafale французской компании Dassault, Typhoon консорциума Eurofighter и JAS Gripen шведской компании Saab – имеют определенные преимущества перед самолетами более раннего выпуска, хотя ни на одном из них не используется в полной мере технология стелс и не предполагается также уровень интеграции, предусмотренный на американских истребителях F-22 или JSF.

Самолет Турхооп использует технологию стелс лишь в ограниченной степени и поэтому нуждается в системе активных помех. Но все же на Турхооп реализуется слияние информации от нескольких датчиков, что улучшает представляемые летчику данные и снижает излучение от РЛС. Очень большое внимание уделяется достоверности опознавания целей. Основной датчик с большой дальностью действия на борту этого самолета – РЛС ECR 90 с антенной, имеющей механическое скани-

рование. Новый механизм привода и малый момент инерции антенны позволяют чередовать режимы работы по наземным и надводным целям. Станция продемонстрировала возможность сопровождать самолет типа авиалайнер на расстоянии 370 км и истребитель – на расстоянии 180 км. Еще недавно большая дальность действия РЛС этого истребителя не входила в приоритетные задачи разработки, однако использование ракет большой дальности действия (таких, как Meteor, принятых на вооружение ВМС Великобритании в мае 2000 г.) и широкополосных линий передачи данных открывает новые интересные возможности. Например, один истребитель сопровождает самолет противника на большом расстоянии, а другой с выключенной бортовой РЛС в это время незамеченным приближается для достоверного опознавания и пуска ракеты воздушного боя.

Сигналы от РЛС ECR 90 объединяются с данными линии связи, аппаратуры радиоперехвата и ИК-системы поиска и сопровождения компаний Fiat/Pilkington. Последняя система – очень сложный датчик, работающий и на 3, и на 11 мкм. Она функционирует как классическая ИК-система поиска и сопровождения цели на очень больших расстояниях и как ИК-датчик переднего обзора, формирующий увеличенное стабильное изображение цели, по которому летчик достоверно ее опознает в дневных и ночных условиях за пределами визуальной видимости. Как и в истребителе F-22, информация от различных датчиков объединяется в файлы сопровождения и индицируется для летчика в виде единой цели. Отличие состоит в том, что символы целей на главном тактическом дисплее воспроизводятся различными цветами в зависимости от того, какой датчик обнаружил цель.

Для поддержки маловысотных операций по наземным целям предназначена подсистема индивидуальной защиты самолета Турхооп. Большая часть ее аппаратных средств размещена в двух контейнерах, подвешиваемых к концам крыльев. Они обеспечивают перекрытие всех ракурсов с помощью двух комплектов датчиков. Компьютер этой подсистемы принимает сигналы от трех групп датчиков: системы радиоперехвата, импульсно-доплеровской станции предупреждения о приближении к самолету управляемой ракеты и лазерного приемника предупреждения. Средства противодействия включают бортовую станцию помех, автоматы разбрасывания дипольных отражателей и ИК-ложных целей и две буксируемые ложные цели одноразового применения. Подсистема индивидуальной защиты и ИК-система поиска и сопровождения будут устанавливаться на самолете Турхооп с полными боевыми возможностями, начало поступления на вооружение которого намечается на 2003 г. после выпуска 40 самолетов лишь с бортовой РЛС.

В самолете Rafale для обеспечения скрытности и ведения РЭБ использован несколько иной подход. Создатели называют этот самолет скорее “осторожным”, чем “невидимым”. В нем объединены физическая скрытность с тактической, которая основана на использовании средств навигации с автоматическим следованием рельефу местности.

Бортовая РЛС RBE2 компании Thomson-CSF имеет пассивную ФАР с электронным сканированием с одним передатчиком и одним приемником. Эта станция формирует один антенный луч, который может мгновенно ориентироваться в любом направлении. Поэтому РЛС использует широкое разнообразие чередующихся режимов работы. Например,



Истребитель Rafale

RBE2 может сопровождать воздушные цели при одновременном поиске цели на земле.

Система РЭБ самолета Rafale, получившая название Spectra, разрабатывается с момента начала работ по программе создания этого самолета в 1985 г. Система снабжена малозаметными антеннами и способна опреде-



лять направление на источники радиоизлучений с точностью 1° ; помехи должны излучаться в таком же узком луче. Spectra использует фазовые методы для определения дальности и направления на цель с помощью двух выступающих антенн, находящихся в районе воздухозаборников. Система обеспечивает также ИК- и лазерное предупреждение.

Система Spectra, быстродействующая линия скрытной передачи данных и комплект электронно-оптических средств, в который входят тепловизионная аппаратура, ИК-система поиска и сопровождения, видеоаппаратура для работы при низкой освещенности и лазерный дальномер/целеуказатель, обеспечивают возможность пуска неизлучающей управляемой ракеты воздушного боя. Истребитель вооружен также ИК-вариантом ракеты фирмы Matra. Это оружие большой дальности действия, использующее инерциальную навигацию с передачей сигналов корректировки с запустившего его самолета для наведения на среднем участке траектории и ИК-головку самонаведения на конечном участке полета.

Самый легкий и самый малогабаритный из современных истребителей **JAS 39 Gripen** оснащен, тем не менее, полным комплектом пассивных и активных средств противодействия и очень эффективной РЛС PS-05 компании Ericsson. Однако одна из наиболее важных его особенностей – линия передачи данных, которая играет ключевую роль в его эффективности и оказывает большое воздействие на тактику его применения (шведские ВВС используют цифровые линии передачи данных более продолжительное время, чем ВВС других стран –

с начала 60-х гг.). Данные от линии передачи тактической информации поступают на центральный тактический дисплей летчика. При использовании линии передачи данных один самолет Gripen может предоставить подробную, точную и своевременную тактическую информацию от своих



Истребитель JAS Gripen

датчиков всем другим самолетам Gripen, находящимся в том же районе боевых действий, но совершающих полет с выключенными датчиками.

Вариант самолета Gripen – JAS 39C Batch 3 – оснащен новой системой РЭБ EWS 39. Входящая в ее состав аппаратура предупреждения о радиолокационном облучении самолета будет автоматически осуществлять распознавание источников излучения и определять расстояние до них.

Каждый из трех истребителей – по-своему уникален. Все они обладают особенностями, которые делают их высокоэффективными самолетами, в частности благодаря тому, что особое внимание уделено оснащению их линией передачи данных. Но вместе с тем по используемой технологии стелс они не могут тягаться с большим и более дорогим F-22 и с самолетом JSF.

<http://www.jedefense.com> (Journal of Electronic Defense, 2000, 23, №6,7,9; 2001, 24, №1)