

# 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 отнесенный 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  $1^\circ$ ; 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)