Санкт-Петербургское высшее военное училище радиоэлектроники

(Военный институт)

Кафедра №4

«Тактика противовоздушной обороны»

**Реферат**

по теме: « Тактический истребитель F-22 как объект радиолокационной разведки»

Выполнил: к-т Дюков И.М

Проверил: п-ль каф.№4 Туриков Б.А

Санкт-Петербург

2009 г.

**Введение**

Исследования по программе создания перспективного тактического истребителя ATF (Advanced Tactical Fighter) были начаты в середине семидесятых годов. В них участвовали все семь ведущих американских авиационных фирм.  
Министерство обороны США по результатам демонстрационных летных испытаний, состоявшихся в начале девяностых годов, выбрало в качестве базового варианта для полномасштабной разработки самолет YF-22A фирмы Локхид, первый полет которого состоялся в сентября 1990 года.  
Новый самолет, получивший наименование "Лайтнинг-2", предназначается главным образом для завоевания превосходства в воздухе. Его основными особенностями являются сверхзвуковая крейсерская скорость полета на нефорсированном режиме работы двигателя, высокая маневренность, хорошие взлетно-посадочные характеристики, большой радиус действия и боевая нагрузка, сравнимая с боевой нагрузкой истребителя F-15. Немаловажной особенностью самолета является его малая заметность в радиолокационном и ИК диапазонах, достигаемая в результате широкого применения техники "стелc".  
Конструкция планера самолета в значительной мере изготовлена из композиционных материалов, таких как графито - эпоксидные, графитотермопластичные материалы и материалы типа углерод - углерод.  
Для выполнения боевых задач самолет имеет самое совершенное радиоэлектронное оборудование. Его основу составляет комплекс управления оружием с многофункциональной РЛС, имеющей дальность действия до 150 км, и с системой радиоэлектронной борьбы. На самолете также установлен центральный комплекс обработки данных и комплексная система связи, навигации и опознавания. Для непосредственного управления самолетом используется цифровая электродистанционная система управления с волоконно-оптическими линиями данных.  
Кроме одноместного самолета F-22 А разработана его двухместная учебно-тренировочная модификация F-22 В. Для ВВС США планируется построить 750 самолетов F-22. Предполагалось ежегодно, начиная с 1999 года, выпускать по 72 таких самолета, но в настоящее время это число уменьшено до 48, и такой темп будет достигнут только в 2001 году. Американские специалисты считают, что истребитель F-22А будет существенно превосходить по боевой эффективности современные самолеты аналогичного назначения:  
7 сентября 1997 г. поднялся в воздух первый из опытной серии истребителей пятого поколения Lockheed Martin/Boeing F-22A Raptor. Вспоминая этот 58-минутный полет, летчик-испытатель Пол Метц (Paul Metz) не скрывал восторга. Он сказал, что новый самолет "по скорости вращения и разгонным. характеристикам значительно превосходит F-15, в то же время он очень устойчив и обладает прекрасной управляемостью. Я пережил чудесные минуты". В начале 1998 г. разворачивается 5000-часовая программа летных испытаний F-22A, в которой примут участие 9 машин.   
Появление F-22A вызвало множество статей в авиационных изданиях во всем мире. Проанализировав эти публикации, редакция "АиВ" решила поместить в этом номере одну из наиболее типичных статей, дающую общее представление о машине. Как нетрудно заметить, многие положения этой статьи носят рекламный характер. Автор не скупится на эпитеты, называя "Рэптор" сверхскоростным, свехманевренным, малозаметным самолетом с новым уровнем технологии производства т.д и т.п. А между тем не все так просто". Редакционная статья, помещенная следом, содержит попытку анализа некоторых технических решений, положенных в основу F-22A.   
F-22 открыл новую эру в развитии истребительной авиации. Хотя жесткие бюджетные ограничения постоянно тормозили программу, а дебют первого из девяти самолетов опытной серии состоялся через семь лет после полетов двух опытных образцов YF-22, командование USAF с оптимизмом смотрит в будущее. "Рэптор" принес наибольшее увеличение крейсерской скорости полета с начала реактивной эры: он может долго лететь и маневрировать на скоростях, на которых другие современные истребители с трудом летают по прямой линии в течение короткого времени. F-22A построен с использованием всех элементов технологии "стелc", обеспечивающих снижение заметности в широком диапазоне радиочастот и инфракрасного излучения. Его электронное оборудование и система отображения информации в кабине летчика превосходят все аналогичное оборудование, прошедшее испытания где-либо.   
Базовый облик F-22 был разработан за три месяца лихорадочной работы после того, как в 1987 г. фирма "Локхид" решила, что ее предыдущая концепция истребителя, выигравшая предварительный конкурс USAF, будет технически трудно реализуема и недостаточно конкурентоспособна. Главная трудность состояла в том, чтобы найти компромисс между противоречивыми требованиями низкой заметности, сверхзвуковой крейсерской скорости и сверхманевренности. В результате многолетних поисков первый в мире истребитель пятого поколения приобрел следующий облик. Взлетная масса - около 27 т. Крыло - близкое к треугольному с умеренной (42°) стреловидностью по передней кромке. Оно сочетает низкую относительную толщину для сверхзвукового полета с достаточной площадью для удовлетворения требованиям маневренности и обладает необходимым объемом. Большие предкрылки и изменение кривизны профилей по размаху делают крыло более эффективным на низкой скорости и больших углах атаки, чем треугольные крылья, построенные раньше. Самолет имеет интегральную компоновку: 1/3 размаха приходится на фюзеляж, вмещающий отсеки вооружения и большую часть топлива. Хвостовое оперение F-22 спроектировано так, чтобы самолет мог достигать предельных углов атаки, полностью сохраняя управляемость. Для расширения диапазона возможных режимов полета применяется изменение вектора тяги, что особенно полезно на низких скоростях. Но F-22 управляем на любом режиме и без отклонения сопел двигателей.  
F-22 создан с применением технологии "стелc", основанной на преобладании плоских наклонных поверхностей с острыми кромками, и в этом смысле он является развитием F-117. Дальнейший прогресс в этой области позволил ввести в конструкцию "Рэптора" и некоторые криволинейные поверхности, а также с особой тщательностью выполнить зазоры между управляющими поверхностями, Хотя применение композиционных материалов (КМ) способствует снижению заметности самолета, конструкция F-22 содержит их меньше, чем планировалось изначально. Тем не менее, цель - снижение массы на 25% по сравнению с полностью алюминиевой конструкцией - достигнута. Титан составляет 41% массы планера.   
Сердцевиной конструкции является центральная часть фюзеляжа, построенная Lockheed Martin Tactical Aircraft Systems. Она включает отсеки для размещения вооружения и главных опор шасси, а также воздушные каналы двигателей. Остальной объем этой секции отдан под интегральный топливный бак. К центральной части крепятся консоли крыла, двигательные отсеки и хвостовые балки, построенные Boeing. Носовая часть фюзеляжа содержит кабину и электронное оборудование, созданное Lockheed Martin.   
Размерность установленных на "Рэпторе" двигателей Pratt&Whitney F119-PW-100 продиктована требованием сверхзвуковой крейсерской скорости. Хотя F119 схож по габаритам с F100 и рассчитан на приблизительно такой же (около 125 кг/с) расход воздуха, степень его двухконтурности составляет около 0,2:1, в то время, как у F100 этот параметр - 0,7:1. Таким образом, через горячий контур F119 проходит по крайней мере на 50% больше воздуха, чем у F100. Хотя официальные источники указывают, что новый двигатель находится в "классе тяги 155 кН", действительная тяга на полном форсаже может быть даже более 170 кН. Это предполагает существование промежуточного режима в 113 кН для сверхзвукового крейсерского полета. Плоские сопла F-22 могут отклонять реактивную струю на полном форсаже вверх и вниз со скоростью до 20° в секунду. Створки сопел могут занимать согласованное с другими кромками самолета положение с целью уменьшения радиолокационной заметности и формируют выхлоп таким образом, чтобы снизить его температуру.   
Основное вооружение "Рэптора" состоит из шести перспективных ракет "воздух-воздух" средней дальности AIM-120С (AMRAAM) - по три в каждом из двух центральных отсеков на пневмо-гидравлических катапультных установках. В двух боковых отсеках содержится по одной ракете ближнего боя А1М-9Х. Выход ракет из отсеков происходит автоматически, как только F-22 приближается к точке пуска, позволяя головкам самонаведения захватить цель. 20-мм пушка М61А2 фирмы General Dynamics - облегченная версия известного "Bулкана" с удлиненными армированными КМ стволами и модифицированной казенной частью - расположена у корня крыла справа. Дульный срез выведен в небольшой закрывающийся шарнирной крышкой желоб в фюзеляже.   
Еще в 1994 г. USAF поставили перед Lockheed задачу обеспечить F-22 возможность нанесения ударов по наземным целям, для чего отсеки вооружения были переоборудованы для размещения 450-кг боеприпасов GBU-32 Joint DirectAttack Munition (универсальное управляемое средство поражения) JDAM разработки McDonnel Douglas. F-22 может нести два JDAM, две AMRAAM и две А1М-9Х. Когда скрытность не требуется, F-22 может нести до 2270 кг боевой нагрузки снаружи на каждом из четырех подкрыльевых пилонов. Для перегоночных полетов на каждом из них можно размещать по 2280-литровому топливному баку и по паре AMRAAM, уменьшая тем самым потребность в количестве самолетов-заправщиков и транспортных самолетов.   
Но, пожалуй, самым значительным технологическим достижением, примененным на F-22, является сложная система датчиков, компьютеров и дисплеев, которые, как предполагается, позволят пилоту лучше справиться со своей работой. Пол Метц как-то сказал: "Если обратиться к истории, то нетрудно заметить, что очень мало летчиков-истребителей действовали эффективно. В войне 1939-45 гг. только один летчик из пяти сбивал хотя бы один самолет противника... С того времени мало что изменилось. Наша задача в том, чтобы увеличить число летчиков, поражающих цель, с одного из пяти до одного из двух".   
Скорость и скрытность F-22 сделают будущие воздушные бои чрезвычайно скоротечными, что выдвигает новые требования к обеспечению ситуационной уверенности летчика. С этой целью самолет оснащен новым суперкомпьютером с центральным процессором разработки GM-Hughes. Его математическое обеспечение общим объемом около 1,7 млн. строк обрабатывает данные, поступающие от РЛС APG-77 производства Northrop Grumman, системы P35ALR-94 фирмы Lockheed Sanders, а также по каналам передачи данных от других самолетов, например, AWACS. Система сводит в единое целое всю поступающую информацию, комбинируя ее со сведениями из базы данных, тем самым давая возможность летчику ориентироваться в тактической обстановке. Значение этого трудно переоценить, т.к. 90% сбитых и оставшихся в живых летчиков потом говорили, что не заметили, что поразило их. Компьютер постоянно просчитывает дальность до любой РЛС ПВО в районе полета и, если летчик F-22 производит маневрирование таким образом, что вероятность обнаружения возрастает, масштабное кольцо вокруг отметки данной РЛС на индикаторе в кабине расширяется. Собственную РЛС "Рэптора" предполагается использовать только в случае абсолютной необходимости: когда нужно атаковать или идентифицировать самолет, приблизившийся к F-22 достаточно для того, чтобы составить для него угрозу. Компьютер отслеживает положение и скорость целей, определяет их принадлежность и выдает рекомендации, как и когда использовать оружие.   
Фазированная РЛС "Рэптора" уникальна. Ее антенна состоит из почти 2000 модулей размером в палец, каждый из которых представляет собой крошечный радарный приемо-передатчик. Электронный луч может перескакивать с цели на цель гораздо быстрее, чем движется радарный диск обычной РЛС. Радар F-22 будет более надежным, поскольку он содержит единственный высоковольтный кабель, и в нем отсутствует механизм поворота антенного зеркала, который у обычного радара повреждается наиболее часто.   
Еще одной особенностью F-22 является отсутствие двухместной модификации; F-22B был отклонен в прошлом году с целью экономии денег. ВВС верят, что оборудование F-22 сделает его безопасным в полете, а каналы передачи данных совместно с электронной памятью позволят инструктору, сидя на земле за монитором, контролировать курсанта так же хорошо, как если бы он находился на заднем сидении. Имеется лишь одно "но": не будет бесплатных катаний для генералов, конгрессменов и представителей СМИ.   
Огромная тяга двигателей обеспечивает "Рэптору" замечательные разгонные характеристики. Данные, опубликованные в 1991 г., показывают, что даже на максимальном режиме F-22 превосходит по скорости F-15C на полном форсаже, когда оба самолета имеют на борту восемь ракет "воздух-воздух". Форсажные камеры нового истребителя будут задействованы в основном для маневрирования. "Мы ожидаем, что это будет одна из вещей, которая удивит ВВС," - говорит Метц. Он верит, что "форсажная камера будет в основном невостребованной". Во время типовой миссии F-22 сможет поддерживать скорость от М=1,1-1,2 до М=1,5 и более в течение всего полета над вражеской территорией. По продолжительности такого полета он в 3-6-раз превосходит любой истребитель четвертого поколения.   
Сверхзвуковая крейсерская скорость является источником многих преимуществ. Более быстрый самолет обладает инициативой в бою, он сможет маневрировать вокруг более медленного противника, чтобы нанести удар из задней полусферы или вступить в бой с большей энергией. Скорость "Рэптора" дополняется его скрытностью: ведь цель состоит не в том, чтобы стать абсолютно "невидимым" для ПВО, а чтобы уменьшить дальность обнаружения до такой, когда противник уже не сможет выполнить перехват быстролетящей цели. Уменьшенная эффективная поверхность рассеивания F-22, особенно в передней полусфере, гарантирует его летчику возможность первым увидеть противника и первым нанести удар.   
USAF не исключают возможности и ближнего воздушного боя, хотя Пол Метц предпочитает не пускаться в дебаты относительно боевой ценности низкоскоростных маневров на сверхбольших углах атаки, продемонстрированных Су-37. Некоторые летчики верят, что возможность вести огонь ракетами "воздух-воздух" ближнего действия почти в любом направлении путем изменения ориентации фюзеляжа независимо от траектории полета, будет решающей в будущих воздушных боях. Другие не соглашаются, аргументируя это тем, что маневры, связанные со срывом потока, приводят к такой большой потере скорости, что они являются убийственными в групповом воздушном бою. К чему бы не привел спор о значимости сверхманевренности на низкой скорости, на этих режимах F-22 сможет хорошо за себя постоять. Углы атаки в 60° были продемонстрированы в ходе испытаний YF-22. На углах атаки 15° и выше самолет показал угловую скорость вращения по крайней мере в два раза выше, чем F-15, и преимущество это расширяется до тех пор, пока F-15 не упирается в свое ограничение в 30°, до которых он еще управляется по крену. Угловая скорость изменения тангажа F-22 в два раза превосходит этот показатель у F-16.   
Несмотря на выдающиеся способности, F-22 не сложен в техническом обслуживании. Возможно, дело в том, что в разработке каждого его агрегата приняла участие специально созданная команда, объединившая конструкторов, специалистов по производству и обслуживанию. Целью было уменьшение на 2/3 времени обслуживания самолета на час полета по сравнению с F-15. Бортовая система контроля "Рэптора" заменила наземное тестирующее оборудование, а большое число агрегатов самолета сконструировано так, что замену их можно производить в полевых условиях. В результате для обеспечения 30-дневного автономного базирования эскадрильи из 24 F-22 требуется только восемь рейсов С-141В против 18 для такого же количества F-15.   
Еще одним новым подходом, реализованным в программе F-22, стало проведение интенсивных предполетных испытаний, которые позволили обнаружить многие проблемы до, а не после первого полета. Если в программе и случались задержки, то основной причиной их были недостаточные капиталовложения. Так, бюджетные ограничения дважды заставляли перенести дату первого полета "Рэптора". Пентагону пришлось снизить и планируемый парк F-22 с 648 до 438 машин, что привело к удорожанию серийного самолета. Сегодня ожидаемая средняя цена F-22 составляет 71 млн. USD в ценах 1996 г. Она подразумевает полностью оборудованный самолет, но без запчастей и вооружения. Общая стоимость этой программы (разработка, постройка 438 самолетов, запчасти, наземное оборудование) составляет 73,5 млрд. USD. Продажа "Рэптора" на экспорт, конечно, снизила бы его стоимость. Поэтому представители Пентагона и Комитета начальников штабов рассматривают такую возможность, даже несмотря на секретность технологии "стеле". При этом учитывается, что некоторые из "стелс"-особенностей F-22 являются модульными и могут не устанавливаться на самолетах, поставляемых на экспорт. Потенциальными покупателями представляются сегодняшние пользователи F-15 - Израиль, Саудовская Аравия и Япония.   
Пока преждевременно проводить точное сравнение между F-22A и другими истребителями на мировом рынке. Однако основные параметры самолета - тяговооруженность, нагрузка на крыло, емкость топливной системы и летные данные - склоняют в пользу F-22A по сравнению с Eurofighter, Rafale и Су-37, даже если не принимать во внимание его "невидимость" и передовое оборудование. Его цена не намного отличается от 50-60 млн. USD, официально объявленных для новых европейских истребителей.   
Сегодня F-15 еще обладают высоким боевым потенциалом. Однако USAF доказывают необходимость замены их на более неуязвимое и дальнодействующее средство, поскольку Россия и Китай строят новые ЗРК и перспективные истребители, подобные Су-37. В. пользу программы F-22 говорят два главных обстоятельства. Во-первых, США и их союзники предпочитают превосходить противника уже на ранних стадиях конфликта. Во-вторых, общественность США и политические лидеры ожидают быстрого успеха и минимальных потерь, поэтому F-22, способный расправиться с любым существующим или перспективным истребителем, будет создавать это господство.   
F-22A: все не так просто  
Попробуем сами разобраться в облике истребителя пятого поколения, как его видят ВВС США. По сложившейся традиции, вся боевая реактивная авиация условно подразделяется на несколько поколений: первое включает самолеты, созданные в период с начала сороковых до пятидесятых годов; второе - до начала шестидесятых; третье - шестидесятые годы; четвертое - с начала семидесятых и до середины восьмидесятых. Чтобы с уверенностью сказать, что тот или иной образец боевой техники относится к следующему поколению, мало знать, когда он создан, необходимо проанализировать, имеются ли качественные отличия его характеристик от соответствующих показателей образцов предыдущего поколения.   
Как известно, характеристики самолетов подразделяются на летные, тактические и технические. К ним относятся: максимальная скорость; практический потолок; дальность полета или радиус боевого применения; максимальная эксплуатационная перегрузка; скороподъемность; подлетное время до рубежа перехвата или линии боевого соприкосновения и ряд других. Кроме характеристик, для оценки технического уровня истребителя пользуются т.н. частными критериями совершенства, совокупность которых и определяет его боевую эффективность. Чаще всего это относительные величины, подобные удельной нагрузке на крыло или тяговооруженности, которые позволяют судить о совершенстве конструкции. Под последней в данном случае следует понимать не только планер самолета, но также его системы и оборудование. Такими показателями могут быть: относительные массы планера, топлива, боевой нагрузки и радиоэлектронного оборудования: относительные объемы, занимаемые топливом, оборудованием и вооружением: относительная площадь омываемой поверхности, влияющая на сопротивление на дозвуковых режимах полета; относительная площадь миделевого сечения, влияющая на волновое сопротивление и на характеристики сверхзвуковых режимов, и многие другие.   
Теперь перейдем непосредственно к объекту нашего внимания - истребителю F-22A. Некоторые из перечисленных характеристик его можно узнать из приведенной выше статьи, другие наверняка скоро появятся в прессе. Заинтересованный читатель, вооружившись калькулятором и линейкой, легко может определить значения некоторых критериев совершенства "Рэптора", а затем сравнить их с соответствующими данными Су-27 или F-15. При этом окажется, что по многим показателям этот "суперсамолет" ничем не лучше истребителей четвертого поколения. Но мы не будем задерживать на этом внимание, отчасти потому, что некоторые из известных сегодня характеристик F-22A носят откровенно рекламный характер. Наша задача в другом - критически проанализировать некоторые из тех технических решений, которые позволяют отнести его к истребителям пятого поколения, отметить их сильные и слабые стороны. Такой подход даст возможность более осознанно воспринимать поднятую вокруг этой машины рекламную шумиху.   
Прежде всего следует отметить, что F-22A вобрал в себя наиболее прогрессивные черты истребителей четвертого поколения. Во-первых, это интегральная аэродинамическая компоновка - плавное сопряжение крыла и фюзеляжа, повышающая несущие свойства и позволяющая максимально использовать внутренние объемы (F-16, Су-27, МиГ-29). Во-вторых, применение РЛС с фазированной антенной решеткой, что дает возможность обстреливать ракетами одновременно несколько целей (МиГ-31). В-третьих, увеличение дальности и продолжительности полета на внутреннем запасе топлива без дозаправки (Су-27). В-четвертых, повышение маневренных характеристик путем снижения нагрузки на крыло, роста тяговооруженности и применения электродистанционной системы управления (F-15, F-16, Су-27 и др.). В то же время ряд характеристик "Рэптора" качественно отличается от данных перечисленных только что машин. В первую очередь это сверхзвуковая крейсерская скорость полета, достигаемая на бесфорсажных режимах работы СУ, и значительно сниженная заметность для РЛС противника. Далее - высокая маневренность не только на дозвуковых, но и на сверхзвуковых скоростях. Наконец, это высокая вероятность поражения цели без входа в зону боевого соприкосновения. Совокупность этих отличий и дает основания считать F-22A самолетом пятого поколения. При его создании стремление достичь именно таких характеристик стало определяющим при разработке технических требований и задало граничные условия для принятия решений по компоновке как самолета в целом, так и его отдельных систем. Однако требования эти оказались во многом противоречащими друг другу, что вынудило американских конструкторов пойти на ряд компромиссов, некоторые из которых отрицательно сказались на боевых качествах "Рэптора".   
Стремление достичь сверхзвуковой крейсерской скорости полета неизбежно влечет за собой необходимость значительного снижения сопротивления. Одной из мер, направленных на достижение этой цели, стало размещение подвесного вооружения во внутренних отсеках F-22A. Однако это привело к увеличению суммарной площади миделевого сечения самолета по сравнению с вариантом, когда ракеты и бомбы располагаются под крылом на пилонах. Ведь при внутреннем расположении, кроме площади поперечного сечения самого оружия, требуется площадь для увязки его составляющих между собой и с элементами конструкции планера, а также для размещения необходимых приводов и механизмов, обеспечивающих боевое применение. В результате, хотя применение интегральной аэродинамической компоновки позволило снизить лобовую составляющую сопротивления, но из-за увеличения миделя волновая составляющая возросла! Поэтому размеры внутреннего отсека пришлось максимально обжать, оптимизировав его под размещение только узкой номенклатуры ракет "воздух-воздух", необходимых для решения основной задачи истребителя - завоевания превосходства в воздухе. Все остальные виды боевой нагрузки самолет может нести на внешней подвеске либо на внутренней, если их размеры не превышают размеров отсека. В любом случае размещение оружия далеко от оптимального, и в этом отношении "Рэптор" уступает всем многофункциональным истребителям четвертого поколения.   
Кроме того, применение внутренних отсеков вооружения ведет к утяжелению и усложнению конструкции самолета, т.к. приводит к необходимости применения крыла многолонжеронного типа вместо кессонного и к соответствующему увеличению числа силовых шпангоутов. Конструкция последних также отходит от оптимальной из-за необходимости передачи потока сил по криволинейному незамкнутому контуру. Ситуация усугубляется необходимостью максимального снижения площади миделевого сечения фюзеляжа. Причем, вряд ли можно надеяться на уменьшение массы шпангоутов за счет применения композиционных материалов (КМ), т.к. следует учитывать вероятность боевых повреждений и практическое отсутствие возможности ремонта таких конструкций в полевых условиях. КМ можно применять лишь там, где есть возможность быстрой замены отдельных узлов или всего агрегата в целом: в консолях крыла и элементах их механизации, в вертикальном и горизонтальном оперении, створках отсеков вооружения и шасси, крышках люков, обтекателях различного рода и в ряде других узлов.   
Другим средством достижения сверхзвуковой крейсерской скорости является увеличение тяги двигателей на бесфорсажном режиме, так как включение форсажа приводит к радикальному увеличению расхода топлива. Требованию бесфорсажного сверхзвукового полета отвечают двигатели с пониженной степенью двухконтурности. однако они обладают увеличенным удельным расходом топлива на дозвуковых режимах, на которых в основном происходит боевое маневрирование. Вот еще одно противоречие, возникающее при создании истребителя пятого поколения.  
Снижение радиолокационной заметности F-22A достигнуто путем значительного уменьшения его эффективной отражающей поверхности. Для этого максимальное количество кромок - передние и задние кромки крыла, оперения, створок отсеков вооружения и шасси, люков и т.п. - сделаны параллельными и имеют не более двух направлений отражения сигналов. Кроме того, максимально ограничено количество поверхностей, пересекающихся под углами, близкими к 90°, чтобы избежать эффекта уголкового отражателя. Однако такая геометрия самолета не может не стать причиной снижения его летных характеристик. В частности, спроектированные в соответствии с этими требованиями воздухозаборники двигателей, у которых кромки не только параллельны между собой и с передней кромкой крыла, но и не образуют прямых углов, выполнены нерегулируемыми. Причина - трудности регулирования воздухозаборника такой конфигурации, сопряженные с существенным усложнением его конструкции. В результате воздухозаборники F-22A снабжены лишь системой перепуска воздуха и оптимизированы только для сверхзвукового крейсерского режима полета, что влечет за собой увеличенные потери на других режимах. Таким образом, при маневрировании, когда происходит быстрое изменение скоростного напора, двигатели "Рэптора" работают в невыгодных условиях. Уже одно это дает основания усомниться в некоторых заявленных характеристиках.   
Стремление к снижению заметности усиливает противоречия в требованиях, предъявляемых к геометрии крыла условиями сверхзвукового крейсерского полета и маневрирования на дозвуковой скорости. Если для первых требуется крыло тонкого профиля, большой стреловидности и малого размаха, то для второго - наоборот: умеренной стреловидности, большого размаха, с применением высоконесущих профилей. На F-22A компромисс достигнут путем оснащения "сверхзвукового" крыла сильноразвитой адаптивной механизацией -отклоняемым носком, закрылками и флаперонами, повышающими его несущие свойства на дозвуке и маневрировании. При этом ради снижения заметности вся механизация имеет постоянную по размаху хорду, сохраняя тем самым параллельность кромок даже в отклоненном положении, однако профиль крыла в этом случае, особенно в концевых сечениях, изменяется далеко не оптимальным образом. Поэтому, даже несмотря на применение специальной крутки, крыло "Рэптора" не может обладать такими же высокими несущими свойствами, как, например, крыло Су-27.   
Лучшие истребители четвертого поколения отличаются неустойчивой аэродинамической компоновкой (когда аэродинамический фокус самолета расположен впереди его центра тяжести), что повышает их маневренные качества на дозвуковых скоростях. Но в момент преодоления звукового барьера фокус самолета интенсивно смещается назад, уменьшая тем самым запас неустойчивости. Чтобы обеспечить необходимую для истребителя пятого поколения маневренность на сверхзвуке, надо еще более повысить степень его продольной статической неустойчивости на дозвуковых скоростях. Решение этой проблемы возможно при использовании отклонения вектора тяги двигателей F-22A для балансировки и изменения его пространственного положения. Все это может на порядок усложнить систему управления самолетом и двигателями. Да и само маневрирование на сверхзвуке с большими перегрузками требует повышенной прочности самолета, а значит, ведет к его дальнейшему утяжелению.

**Характеристики самолета F-22:**

Размах крыла 13,56 м, (13.11 YF-22)   
Длина самолета 18,92 м, (19,56 YF-22)   
Высота самолета 5,00 м, (5.36 YF-22)  
Площадь крыла 78.04 кв.м

**Масса**

БРЭО 858 кг   
пустого 19660 кг  
нормальная взлетная 30206 кг (100% топлива),

боевая 25776 кг (52% топлива)

максимальная 37606 кг

нагрузка:

нормальная 1116 кг (6+2УР)

максимальная 10370 кг

топливо 9367 кг

Тип двигателя 2 х ТРДДФ Pratt & Whitney F119-PW-100  
Статическая форсированная тяга 13900 кгс(первые серии), 15810 кгс

Тяговооруженность нормальная 1,17

Нагрузка на крыло 349 кг/кв.м   
  
Максимальная скорость 2100 км/ч (2М)  
Крейсерская скорость 1800 км/ч (1.72М)

Дальность:

без ПТБ, нормальный взл.вес 1900 км

без ПТБ, 100% топлива внутри 2500 км

100% внутри + 2 ПТБ 3330 км

100% внутри + 4 ПТБ 5700 км

Дальность крейсерского сверхзвука 1300 км (1.5М)   
Боевой радиус действия 760 - 1100 км   
Практический потолок 19200 м  
Максимальная эксп. Перегрузка 9.5  
Потребная длина ВПП 915 м  
Обслуживание 8,7 чел на час полёта

Скорость крена 100 град/сек.

Расчётный ресурс самолёта 8000 ч

Рабочее давление гидросистемы 560 кг/ кв.см

**БРЛС**

Дальность действия РЛС 90 - 185 км

масса 553,7 кг

потребляемая мощность 16533 Вт

объем 0,565 куб.м

расход охлаждающего воздуха 4,38 кг/мин.

расход охлаждающей жидкости 33,9 л/мин.

диаметр АФАР 0,813 м

масса 219,1 кг

объем 0,275 куб.м

рассеиваемая мощность 8278 Вт

расход охлаждающей жидкость 11,3 л/мин

**Нагрузка:**

Встроенная 20-мм пушка М61А2 Vulcan c 480 патронами.

3 внутренних отсека вооружения:   
***В режиме воздух-воздух:***в главном отсеке (под фюзеляжем): 6 УР воздух-воздух AIM-120C AMRAAM.(157 кг) и в боковых: по 1 УР воздух-воздух AIM-9 Sidewinder (87 кг)

6\*157+2\*87 = 1116 кг./ 2460 фунта.

***В режиме воздух-земля:***в главном отсеке (под фюзеляжем): 6 УР воздух-воздух AIM-120C AMRAAM и 2 управляемые 450-кг бомбы GBU-32 JDAM

в боковых: по 1 УР воздух-воздух AIM-9 Sidewinder

6\*157+2\*87+2\*450 = 2016 кг / 4444,5 фунта

***В роли самолета завоевания превосходства в воздухе:***в главном отсеке (под фюзеляжем): 6 УР воздух-воздух AIM-120C AMRAAM. и в боковых: по 1 УР воздух-воздух AIM-9 Sidewinder На 4 внешних узлах   
4 AIM-120C AMRAAM и 2 2271 л ПТБ

6\*157+2\*87+4\*157+2\*2000 кг = 5744 кг / 12663 фунта.

***В роли дальнего истребителя:***в главном отсеке (под фюзеляжем): 6 УР воздух-воздух AIM-120C AMRAAM. и в боковых: по 1 УР воздух-воздух AIM-9 Sidewinder На 4 внешних узлах 8 AIM-120C AMRAAM и 4 2271 л ПТБ

6\*157+2\*87+8\*157+4\*2000 кг = 10372 кг / 22866 фунта.

**Топливная система (**gallon values from Technical Order 00-105E-9)

F-1A: 380.8 gal (2551.4 lbs; 1157.3kg)  
F-1B: 323.6 gal (1558.4 lbs; 706.9kg)  
F-2: 710.8 gal (4762.4 lbs; 2160.2kg)  
A-1: 380.8 gal (2551.4 lbs; 1157.3kg) x2  
A-2: 375.3 gal (2514.5 lbs; 1140.6kg) x2  
A-3: 77.3 gal (517.9 lbs; 234.9kg) x2  
  
Общее = 3082 gal (20,649.4 lbs; 9366.5 kg)

ПТБ 4 х 592.0 gal (4 х 1799.09 кг)

При нормальном весе остаются заполненными следующие баки:

Два крыльевых A-2R|L – 1140.6 кг х 2,

Фюзеляжные: A-3R/L - 234.9 кг х 2 и F-2 – 2160.2 кг

Итого: 2281.2 + 469,8 + 2160,2 = 4911.2 кг (52.4%)

**Процентный состав материалов в конструкции планера:**

алюминиевые сплавы 16 % ( у прототипа - 32 % ),

титановые сплавы 39 % ( 27 % ),

композиты 24 % (21 % ).

**РЛС URR предназначена для установки на самолете ATF и обеспечивает работу в следующих режимах:**

1. При действиях по воздушным целям

Режимы поиска;

-поиск по скорости;

-поиск с измерением дальности: на встречных курсах, все ракурсный в верхней полусфере, в полном секторе обзора;

- режим воздушного боя;

- пассивный прием.

Режимы сопровождения:

- сопровождение на проходе;

- сопровождение одиночной цели;

- предупреждение о приближении ракет и сопровождение ракет;

- сопровождение заданной цели.

Режимы опознавания цели:

— определение госпринадлежности цели по ее радиолокационным признакам;

- распознавание целей в групповом строю;

- опознавание на большой дальности.

2. При действиях по наземным целям

Режимы получения изображения земной поверхности :

- получение изображения с помощью обычного луча;

- получение изображения с помощью доплеровского сужения луча;

- обнаружение метеообразований;

- режим маяка.

Режимы когерентного обзора земной поверхности:

- синтезирование апертуры;

- селекция движущихся наземных целей.

- выделение тактических целей.

Навигационные режимы:

- следование рельефу местности;

- облет препятствий;

- измерение скорости;

- определение местоположения самолета.

В состав РЛС входят три основных подсистемы: активная ФАР (АФАР), приемное устройство со стабилизированным гетеродином и процессор обработки сигналов.

Выбор (АФАР) для РЛС самолета ATF объясняется тем, что она обладает рядом преимуществ по сравнению с антенными решетками с механическим сканированием. Например, обычная антенна с механическим сканированием не совместима с технологией «Стелс», так как представляет собой плоскую отражающую поверхность, формирующую при сканировании сильный отраженный сигнал в направлении на облучающую РЛС противника. АФАР является неподвижной системой, ее плоскость может быть наклонена на некоторый угол относительно наиболее вероятных направлений облучения самолета другими РЛС, что исключает возникновение мощных отражающих сигналов в этих направлениях.

В РЛС с АФАР переключение луча с одного направления на другое в пределах всей зоны обзора осуществляется в течение нескольких секунд. Поэтому в таких РЛС изменение режимов работы происходит почти мгновенно. Например, возможен быстрый переход от сопровождения цели, находящейся на каком-либо угловом направлении, к режиму обнаружения с поиском по скорости на другом угловом направлении. Эти режимы реализуются последовательно, но настолько быстро, что создается эффект одновременной работы РЛС в нескольких режимах. В технических условиях на РЛС самолета ATF было предусмотрено чередование следующих режимов работы:

сопровождение на проходе, поиск с определением дальности, поиск по скорости, следование рельефу местности и облета препятствий, картографирование.

Еще одним преимуществом АФАР является возможность реализации режимов, характеризующихся малой вероятностью перехвата сигнала РЛС средствами разведки и предупреждения, установленными на цели. Существует ряд методов для обеспечения этого. Основной из них предусматривает излучение сигналов ограниченной мощности. После обнаружения цели мощность облучения уменьшается до минимума, необходимого для ее сопровождения, и продолжает снижаться по мере сближения с ней. Возможно также изменение сигналов в пространстве, по времени и частоте, что затрудняет обнаружение противником источника конкретных сигналов на фоне всех других. Необходимо отметить, что исследования в области методологии обеспечения низкой вероятности перехвата сигналов АФАР засекречены.

Другим преимуществом РЛС с АФАР состоит в том, что может работать как две или более антенны и использоваться для противодействия системам радиоэлектронной борьбы (РЭБ) противника. Например, если помехи создаются дистанционными передатчиками, то часть приемопередающих модулей антенной решетки может быть выделена для генерации сигналов обнуления на той же длине волны, но со сдвигом фазы для исключения помехового строба.

Основными недостатками АФАР является ее высокая стоимость и некоторые другие факторы (разделение на субапертуры, скорость обработки данных при большом количестве модулей АФАР и др.), влияющие на характеристики РЛС с АФАР.

При цене одного модуля 500 долл. стоимость АФАР составит 1 млн. долл. при наличии в составе АФАР 2000 модулей. Для самолета стоимостью 35 млн. долл. такая сумма считается высокой, несмотря на уменьшение расходов на эксплуатацию и техническое обслуживание.

По программе SSPP АФАР для РЛС самолета ATF разрабатывает фирма Texas Instruments (США), которая в апреле 1983 г. получила контракт на создание антенной решетки типа SSPA (Solid State Phased Array - твердотельная ФАР). Изготовление АФАР было завершено в июле 1987 г. а в мае 1988 г. она была поставлена фирме Westinghouse (США) для комплексирования с остальным оборудованием.

Активная ФАР состоит из 198О приемопередающих модулей. В состав каждого модуля входят фазовращатель, усилитель мощности для передачи сигналов и малошумный предусилитель для их приема. Выходная мощность модуля 2 Вт.

Диаметр АФАР 81,3 см, масса 219,1 кг, объем 0,275 куб.м, рассеиваемая мощность 8278 Вт, расход охлаждающей жидкости 11,3 л/мин.

Для управления фазой каждого модуля используется пятиразрядное устройство управления, кроме того, при формировании луча каждый модуль может быть включен или выключен. Для приема и передачи используются отдельные волноводные соединения. Общее управление формированием луча осуществляется с помощью четырех автономных ЭВМ, основанных на микропроцессорах, каждая из которых управляет одним квадрантом АФАР.

Для питания АФАР используются четыре источника питания напряжением +7В постоянного тока. Каждый из этих источников питает приемопередающие модули одного квадранта апертуры. Кроме того, предусмотрен комбинированный источник питания *±5* В со схемами переключения приблизительно 50 кГц. Масса источника питания АФАР вместе с блоком сопряжения 140,6 кг, объем 0.565 куб.м, рассеиваемая мощность 3800 Вт, расход охлаждающего воздуха 3800 кг/мин, расход охлаждающей жидкости 14,3 л/мин.

С начала 1989 г. фирмы Texas Instruments и Westinghouse, а также Hughes проводят четырехлетнюю работу по программе, направленной на создание промышленной технологии изготовления приемопередающих модулей и на доведение их стоимости до 400 долл. при темпе производства тысяча модулей в день.

Принимаемая энергия поступает через малошумный усилитель в каждом модуле антенны в восьмиканальное приемное устройство. Четыре канала непосредственно связаны с АФАР, а оставшиеся четыре используются в качестве резервных и выполнения вспомогательных функций.

В состав приемного устройства входят 43 модуля, из которых два модуля - переключатель/малошумный усилитель; 19 модулей - приемники с устройствами дискретизации, преобразующими синфазный и квадратурный выходные сигналы в цифровую форму; шесть модулей - контроллер; три модуля - устройство синхронизации; шесть модулей - источники питания.

Модули, входящие в состав приемного устройства, размещаются в три ряда на монтажной панели, которая предусматривает их жидкостное охлаждение. Для охлаждения модули крепятся к лепесткам теплообменников, расположенных с каждой стороны панели, с помощью клиновидных зажимов. Хладагент поступает в заднюю часть блока и направляется в шесть теплообменников в соответствии с количеством рассеиваемой модулями энергии.

В РЛС имеется стабилизированный генератор, генерирующий сигналы возбуждения передающих модулей.

Масса приемного устройства/стабилизированного генератора 90,7 кг, объем 0.074 куб.м, рассеиваемая мощность 2300 Вт, расход охлаждающей жидкости 8,3 л/мин.

С выхода приемного устройства данные в цифровой форме поступают в процессор обработки сигналов, где из них выделяются сигналы цели. Процессор построен по технологии VHSIC, которая позволяет повысить быстродействие в 50-100 раз по сравнению с процессорами, построенными на основе существующей технологии. Масса процессора 104,3кг, объем 0,116 куб.м, рассеиваемая мощность 2175 Вт, расход охлаждающего воздуха 3,7 кг/мин.

При разработке РЛС большое внимание уделялось ее надежности и техническому обслуживанию. Средняя наработка на отказ РЛС должна составлять 400-500 ч. Этот уровень надежности будет достигнут без применения резервирования, так как все блоки РЛС обладают повышенной надежностью. Так, СНО для антенны составляет 2500 ч, а СНО для процессора обработки сигналов - приблизительно 1000 ч. Остальные, входящие в состав РЛС блоки, будут иметь СНО около 1250 ч, что позволит получить требуемую надежность со средней наработкой на отказ 400 ч. Интервал между циклами технического обслуживания составит 100 ч.

При работе РЛС даже выход из строя до 5% модулей АФАР почти не приводит к ухудшению технических характеристик РЛС, что также значительно повышает ее надежность.

Кроме того, антенна, построенная на основе твердотельных передатчиков способна заменить мощный передатчик на лампе бегущей волны, являющийся одним из основных источников отказов в существующих РЛС.

Дальность действия РЛС 90 - 185 км, масса 553,7 кг, потребляемая мощность 16533 Вт, объем 0,565 куб.м, расход охлаждающего воздуха 4,38 кг/мин. расход охлаждающей жидкости 33,9 л/мин.

**САМОЛЕТ «ЛОКХИД-МАРТИН» F-22 «РЭПТОР»  
ЭВОЛЮЦИЯ ПРОЕКТА**

Когда ВВС США начали определяться с требованиями к новому истребителю, призванному заменить самолет F-15, геополитическая обстановка сильно отличалась от современной. СССР еще существовал, а Ирак был лишь второстепенной азиатской страной. Большой региональный конфликт считался менее вероятным, чем конфронтация сверхдержав в качестве потенциальной угрозы безопасности США.  
Когда требования были сформированы в 1981 г., F-15 находился в строю всего шесть лет, но командование ВВС США уже принимало во внимание потенциальную угрозу, исходящую от новейших советских самолетов, которые в сочетании с прекрасной системой ПВО могли наносить удары по американской авиации на ее аэродромах базирования. Когда F-22 поступит на вооружение в 2004 г., F-15 будет находиться на вооружении уже 30 лет, но угроза, противостоять которой оба этих самолета были изначально призваны, уже, похоже, никогда не материализуется.  
«F-22 прогрессивен по отношению к F-15 и в традиционных областях, обладая малой заметностью, высокой скоростью и маневренностью, но в «нетрадиционных» областях является поистине революционным», - заявляет Бербэйдж. Спектр выполняемых задач самолета по сравнению с его предком вырос в два раза, но основным преимуществом является уникальная мощность БЦВМ самолета - 10,5 млрд. операций в секунду при 300 мБ памяти с возможностью 200-процентного расширения.  
Когда в 1983 г. начались концептуальные проработки по программе ATF, основным требования к новому самолету были уже в целом выяснены - в их числе малая заметность, большая дальность и возможность сверхзвукового крейсерского полета. Эти требования были призваны сократить время для ответных мер неприятельской, ПВО и увеличить возможности по проникновению в глубь обороны противника. Большое внимание уделялось маневренности, в жертву ей была принесена возможность укороченного взлета и посадки - для экономии средств и массы конструкции.  
Стоимость уже в то время являлась важным критерием, и в 1986 г. ВВС изменили первоначальный план создания ATF путем последовательных приближений на принцип «первый полет до закупки» для двух альтернативных конкурсных самолетов. Критерий «стоимость - эффективность» стал главным при определении, какие параметры можно «выжать» из самолета при стоимости, ограниченной 35 млн. долл., наряду со снижением технического риска до начала полномасштабной разработки программы.  
Фирма «Локхид-Мартин» была одной из семи компаний, чьи концепции отвечали заданному критерию «стоимость - эффективность». В 1986 г она объединила усилия с фирмами «Боинг» и «Дженерал Дайнэмикс». Согласно подписанному между ними соглашению, победитель в конкурсе будет являться ведущим разработчиком при примерно равном разделении объемов работ. В октябре 1986 г. «Локхид-Мартин» получила заказ на проектирование и постройку прототипа F-22, а фирма «Нортроп», объединившая свои усилия с «Макдоннелл-Дуглас», - на прототип альтернативного истребителя F-23.  
  
 **ИЗМЕНЕНИЯ ПРОЕКТА**

После определения внешней конфигурации самолета в 1992 г. в него было внесено несколько изменений. Размах крыла увеличили для улучшения маневренных характеристик и уменьшения сопротивления, стреловидность крыла по передней кромке уменьшили, опять же, для увеличения маневренности.   
Толщину профиля уменьшили для уменьшения сопротивления, камеры сгорания и тракты воздухозаборников были модернизированы для улучшения сверхзвуковой маневренности, законцовкам крыла придали еще один угол излома в плане для того, чтобы увеличить поле зрения антенн на концах крыла.  
Укорачивание фюзеляжа позволило сэкономить массу, сдвигание воздухозаборников назад улучшило управляемость и обзор из кабины. Последняя была видоизменена и сдвинута вперед, также для улучшения обзора вниз.  
Перепроектирование носовой части имело целью улучшить характеристики БРЛС и уменьшить ЭПР.  
Вертикальное оперение было уменьшено по площади на 20% после того, как в ходе летных испытаний выяснилось, что на УР-22 кили по площади больше, чем нужно. Тормозные щитки были упразднены, вместо них применена схема симметричного отклонения рулей направления. Форма ГО в плане изменена для уменьшения ЭПР, при сохранении площади.  
В результате самолет получился схожим по размерам с F-15, но при этом несет такое же количество единиц вооружения на внутренней подвеске, берет больше топлива и несет на борту все обеспечивающее оборудование. При этом масса самолета такая же, как у F-15. Серийный самолет на 4500 кг легче прототипа. Массовые характеристики не упоминались в техническом задании, но борьба за экономию веса всегда ставится в качестве основного критерия любого проекта ЛА, как мера по достижению высоких ЛТХ и уменьшению стоимости.  
Масса F-22 оказалась больше ожидаемой, но самолет удовлетворил всем требованиям заказчика. Меры по уменьшению массы были в связи с этим отложены в пользу разработки экономичных технологий производства. Масса самолета заморожена, ее дальнейшее уменьшение можно обеспечить лишь при дополнительном финансировании.

**ИЗМЕНЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ**

Первоначально заказ ВВС был на 750 самолетов, ВМС одно время проявляли интерес к палубному варианту ATF, планируя закупить 550 машин. От второго заказа отказались в пользу продолжения программы штурмовика «Дженерал Дайнэмикс» «Макдоннелл-Дуглас» А-12. После аннулирования этой программы ВМС был предложен проект развития F-22, удовлетворяющий требованиям к палубному самолету A/F-X, но вскоре и его аннулировали.   
Летные испытания F-22 с двигателями F-119 продолжились в октябре 1991 г., собиралась информация о нагрузках и работе систем для дальнейшего использования в программе. Испытания продолжались до апреля 1992 г., когда самолет потерпел аварию. Прототип не был восстановлен до летного состояния, он используется в настоящее время для определения эффективной поверхности рассеивания (ЭПР). Этот самолет был модифицирован, сейчас он внешне повторяет по форме серийный самолет.  
Первая серия изменений графика программы произошла в январе 1993 г. в связи с урезанием военного бюджета. Сократилось с 11 до 9 число предсерийных самолетов, но два двухместных самолета все еще планировались. Количество двигателей F-119 для проведения испытаний сократилось с 33 до 27. Разработка двухместной модификации была официально прекращена ВВС в июле 1996 г. как мера по сбережению средств. Но количество предсерийных и серийных машин осталось без изменений. В январе 1997 г. программа снова претерпела изменения. Постройка четырех предсерийных машин была отменена - таким образом число самолетов, запланированных к постройке, сократилось до 438. Период серийного производства с малым темпом был продлен с четырех до пяти лет, за этот период теперь планировалось построить не 90, а 70 машин.

**ИЗМЕНЕНИЕ КОНФИГУРАЦИИ**

По ходу программы в конструкцию самолета было внесено несколько изменений, главным образом касающихся уменьшения массы и ЭПР. В марте 1994 г. было заявлено, что ЭПР самолета не удовлетворяет требованиям из-за неплотной подгонки люков шасси и отсеков вооружения, а также лючков обслуживания. Проблема была решена путем комбинирования люков, сокращения числа дренажных отверстий в нижней части фюзеляжа и внедрения новой компьютеризированной системы обслуживания.  
Фирма «Локхид-Мартин» начала испытания модели для замеров ЭПР на полигоне в Хелендэйле (Калифорния) в ноябре 1996 г. По их результатам Том Бербэйдж заявил, что F-22 удовлетворяет или даже превосходит требования по величине ЭПР.  
В 1996 г. было официально объявлено, что самолет F-22 будет носить имя «Рэптор» - «Орел-могильник». Ранее истребитель носил неофициальные имена «Суперстар» и позже - «Лайтнинг-2», в честь знаменитого двухбалочного локхидовского истребителя периода Второй мировой войны.

**РАБОТАЮЩЕЕ РАВНОВЕСИЕ**

Равновесие - это наиболее часто употребляемое слово в отношении программы F-22. Самолет является компромиссом, равновесием таких качеств, как боевая эффективность, неуязвимость, простота обслуживания, быстрота реакции и пр. Сочетать все это было крайне сложно.  
Изначально основным требованием было сочетание малой заметности, высокой скорости и маневренности в самолете, который по боевой эффективности и простоте обслуживания будет как минимум вдвое превосходить машину, для замены которой он предназначен. Некоторые качества было просто уравновесить - например, требование разместить все топливо во внутренних баках, без ПТБ на внешней подвеске, что уменьшало радиолокационную заметность и сопротивление в сверхзвуковом крейсерском полете. Крейсерский режим работы двигателей на сверхзвуке минимизировал время использования форкамер и снижал ИК заметность. А.вот сочетание малой заметности с высокой маневренностью было более проблематично.   
Когда в августе 1990 г. на заводе «СканкУоркс» изготовили первый прототип F-22, стал ясен подход фирмы «Локхид-Мартин» к проблеме уравновешивания требований. Форма самолета оптимизирована для снижения ЭПР, все кромки и внешние углы ориентированы параллельно передней и задней кромкам крыла, а для повышения маневренности самолет имел четыре поверхности оперения, отклоняемый вектор тяги и высокий каплевидный фонарь.  
Шерм Маллин, бывший ответственный за этап начальной разработки самолета F-22, а ныне президент «Сканк Уоркс», сказал, что в 1987 г. самолет претерпел радикальное перепроектирование, занявшее три месяца.  
Это произошло после того, как схема, предложенная изначально, оказалась «неприемлемой как с технической точки зрения, так и с точки зрения конкурса». Внешние отличия F-22 от прототипа минимальны.   
Основными идеями, заложенными в проекте, являются интегрированные аэродинамика и двигательная установка - для достижения сверхзвуковой крейсерской скорости и маневренности, плавный переход от крыла к фюзеляжу для увеличения эффективности конструкции и роста объема внутренних топливных баков, форма, способствующая уменьшению ЭПР, а также конструкция воздухозаборников, способствующая росту характеристик и скрытности и одновременно конструктивно простая.  
Форма крыла в плане, приближающаяся к ромбической, была выбрана благодаря своей простоте и прочности и большому объему баков-кессонов, в то время как относительно большая площадь крыла увеличивает маневренность и улучшает взлетно-посадочные характеристики (ВПХ). Механизация крыла включает в себя предкрылки по всей передней кромке, а также элероны и флапероны на задней кромке.  
Четыре поверхности хвостового оперения обеспечивают управление в диапазоне, необходимом для достижения «безграничной» маневренности. Сопла с управляемым вектором тяги (УВТ) играют роль дополнительного горизонтального оперения (ГО). По словам Маллина, УВТ добавил 15-25 кг веса соплу, в то время как эквивалентное увеличение площади ГО добавило бы 180 кг веса. УВТ осуществляется только по тангажу и всегда симметрично. На больших углах атаки УВТ используется для управления по тангажу, в то время как стабилизатор - для управления по крену.  
Шеф-пилот F-22 Пол Метц отмечает, что УВТ увеличивает эффективность ГО. Самолет спроектирован таким образом, чтобы управляться аэродинамическими поверхностями во всем диапазоне углов атаки, но при больших значениях угла атаки УВТ гораздо лучше. Система УВТ задействована постоянно, но применяется только на малых скоростях и больших углах атаки, и далеко не всегда - в бою. УВТ используется на взлете и посадке, а также для уменьшения нагрузки на носовую стойку шасси при подвеске ПТБ», - комментирует Метц.  
Створки воздухозаборников - отсекатели погранслоя также используются для управления по тангажу. Воздухозаборники не имеют подвижных клиньев, несмотря на то, что максимальное число Маха для самолета больше 2. Створки имеют пилообразную переднюю кромку для уменьшения ЭПР, а каналы спроектированы так, чтобы полностью исключить прямую видимость первой ступени компрессора.

**ВООРУЖЕНИЕ САМОЛЕТА**

Команда проектировщиков комплекса вооружения отлично справилась с требованиями по весу и стоимости, при этом имея в виду, что F-22 должен будет выполнять задания, связанные не только с воздушным боем.  
Во-первых, это будут задания по бомбометанию с повышенной точностью с использованием КАБ JDAM.  
Несмотря на то что основное вооружение самолета находится на внутренней подвеске, имеется возможность подвешивать под крыло четыре пилона для ракет и ПТБ, что расширяет возможности самолета.   
В основном подфюзеляжном отсеке вооружения можно разместить 4 УР AIM-120А или 6 УР «компактного хранения» AIM-9M. Имеется 20-мм пушка с боекомплектом 480 снарядов. В настоящее время основным вооружением является ракета AIM-120A, но к моменту поступления на вооружение самолета в серии будет ракета AIM-120C с уменьшенными аэродинамическими поверхностями. Каждая дополнительная ракета добавляет 160 кг собственного веса и 45 кг веса пускового устройства.  
Пусковое устройство вертикально выстреливающего типа фирмы ЕДО для ракет AIM-120 пришло на смену трапеции, установленной на прототипах. В результате уменьшилась длина отсека вооружения и был сэкономлен вес. Требования к пуску весьма высоки - ракета должна выйти из отсека при любом положении самолета и скорости полета без тряски и разворотов - места в отсеке очень мало. Пусковое устройство должно вытолкнуть ракету наружу через «бетонную стену» пограничного слоя на сверхзвуке.  
Устройство имеет ход 230 мм и выстреливает ракету менее чем за секунду. Привод - смешанный, пневмогидравлический. Выдвижение пускателя производится пневмоцилиндром, сход ракеты - гидротолкателем, после чего пускатель убирается. Закрывание створок отсека возможно после схода ракеты и при выдвинутом пускателе. Выдвигание пускателя происходит с перегрузкой 40 единиц и скоростью выдвигания 8,1 м/с. Для техобслуживания на земле предусмотрен медленный режим.  
Трапеция запуска ракет AIM-9 разработана фирмой «Локхид-Мартин». В основу ее положена конструкция пускового рельса на законцовке крыла самолета F-16. Трапеция выдвигает ракету в поток, но не отстреливает ее. Ракета выдвигается из отсека передней частью наружу - вниз, под небольшим углом к диаметральной плоскости самолета, для увеличения угла обзора ИК ГСН. Ракета стартует с рельса, газы из ее сопла отражаются наружу с помощью дефлектора, предохраняющего от повреждений отсек электроники, находящийся за отсеком для AIM-9. Для установки на самолет новых ракет AIM-9X потребуются лишь незначительные изменения.  
В начале 1999 г. ВВС США выдали фирмам «Локхид-Мартин» и «Боинг» задание на разработку мер по расширению тактических возможностей этого самолета.   
По своим функциональным возможностям самолет F-22 до сих пор является истребителем воздушного боя с достаточно ограниченными возможностями по поражению наземных целей. Из оружия класса «воздух-земля» он может нести лишь две перспективные КАБ JDAM калибра 450 кг (на внутренней подвеске), при этом возможности по ведению дальнего ракетного воздушного боя резко снижаются, так как помимо бомб в основном грузоотсеке самолета может быть размещено лишь две ракеты AMRAAM, а внешняя подвеска вооружения предусматривается лишь при его транспортировке в перегоночном варианте. Измерения ЭПР самолета F-22 с ракетами на внешней подвеске показали недопустимое возрастание величины ЭПР, сводящее на нет малую радиолокационную заметность самолета, его основной «козырь» в воздушном бою и при преодолении ПВО.  
В ходе работ по расширению тактических возможностей F-22 был рассмотрен 31 вариант сценария боевого вылета на боевое применение КАБ JDAM. Результатом работ явилась разработка изменений и дополнений к программному обеспечению БЦВМ самолета, а также придание ему возможности нести бомбовые кассеты, снаряженные миниатюрными высокоточными самокорректирующимися боеприпасами, такими как 115-кг легкая перспективная КАБ.  
Данные изменения будут внедрены, скорее всего, на самолетах пятой серии, серийное производство которых планируется начать в 2006 г. КАБ JDAM будут способны нести самолеты четвертой серии.  
Конечной целью работ по расширению тактических возможностей самолета F-22, по словам менеджера программы Роберта Ричардсона, будет полная замена ударных самолетов F-15Е и F-117 истребителями F-22 с расширенными тактическими возможностями. Таким образом, по окончании выпуска 339 самолетов F-22, идущих на замену истребителям F-15C, серийное производство может быть продолжено, что обеспечит максимальную унификацию парка истребительной и тактической ударной авиации США.  
Узлы внешней подвески предполагается применять для перегоночных полетов или при ведении боевых действий в конфликтах малой интенсивности. На них можно разместить четыре сбрасываемых пилона грузоподъемностью по 2270 кг. Под каждым из них можно разместить по подвесному топливному баку (ПТБ) емкостью 2270 л. Кроме баков под каждый пилон можно подвесить по две ракеты AMRAAM в транспортировочной конфигурации - без оперения. Альтернативная подвеска под каждый пилон включает в себя две ракеты AMRAAM или АIM-9 в боевой конфигурации, или одну бомбу JDAM. Пилоны один раз подверглись радикальной модернизации для преодоления флаттера.  
Вместо планировавшихся ранее к использованию ПТБ от самолета F-15 в настоящее время разрабатываются новые баки - внешне такие же, но с возможностью внутренней перекачки топлива для поддержания положения центра масс (ЦМ).  
Над правым воздухозаборником, за дверцами-створками, открывающимися для стрельбы, расположена модернизированная облегченная пушка М61А-2. За основным отсеком вооружения, в центре масс самолета, находится снарядный отсек с системой беззвеньевой подачи боекомплекта разработки «Локхид-Мартин». Стреляные гильзы возвращаются в отсек для минимального изменения положения ЦМ и для предотвращения повреждения конструкции самолета выброшенными за борт гильзами.

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ**

Высокий уровень проектирования и интеграции позволил команде разработчиков выполнить требования по массе систем и их стоимости путем их «расчленения» на подсистемы.  
Многие традиционные связи между системами были разорваны для того, чтобы получить максимальную пользу от интеграции. Система управления, например, включает в себя интегрированные системы управления самолетом и двигателем. Интегрированная система контроля снимает информацию о работе систем через шину данных. Эти системы, равно как и система управления подвеской, имеют вид блоков, установленных в БЦВМ. Для этих трех систем используется 18 блоков-процессоров производства «Тексас Инструменте».  
Система управления самолетом разработана фирмой «Лир Астроникс». Она имеет высокий коэффициент новизны и сильно отличается от ЭДСУ, использовавшихся ранее. F-22 - первый самолет с трехкратнорезервированной цифровой компьютеризованной СУ, не имеющей механического или электрического резервирования. Имеются две гидросистемы с давлением 276 кг/см2 (по другим данным - 380 кг/см2). Каждую поверхность управления приводит лишь один гидроцилиндр для экономии массы.  
Система компенсации фиксирует поверхность управления в нейтральном положении при отказе гидроцилиндра привода.  
Система управления (СУ) самолета управляет 14 поверхностями: горизонтальным оперением (ГО), элеронами, флаперонами, рулями направления, предкрылками, створками управления воздухозаборников и створками перепуска воздуха. Ограничений по углу атаки нет, вместе с тем, перегрузка и угловая скорость крена имеют ограничения в зависимости от режима полета, количества топлива в баках и наличной подвески для предотвращения перегруживания конструкции. Этот момент особенно важен при техобслуживании. В то время как F-16 имеет ограничения лишь по симметричным нагрузкам и может быть перегружен по угловой скорости крена, у F-22 в наличии полная защита от перенапряжений по всем режимам полета. Летчик физически не в состоянии перегрузить самолет.  
Информация о режиме полета поступает в БЦВМ от малозаметной системы датчиков фирмы «Роузмаунт», включающей в себя два датчика угла атаки и четыре конформные панели в носовой части самолета. При углах атаки более 30° и в случае отказа системы в работу включаются две лазерно-гироскопические инерциальные пилотажно-навигационные системы LN-100 фирмы «Литтон», используемые для определения углов атаки и сноса.  
Другие функции СУ самолета включают в себя: режим резкого вздергивания самолета, включающийся при резкой даче ручки в продольном направлении, режим воздушного торможения, при котором дополнительное сопротивление создается с помощью рулей направления, флаперонов и элеронов, сохраняющих и свои основные функции, а также управление носовой стойкой в трех режимах: малый радиус разворота, большой радиус разворота и режим самоориентирования, применяемый при выполнении «конвейера» - прерванной посадки.  
Управление самолетом с помощью интегрированной системы контроля (ИСК) позволило отказаться от традиционных приборов в кабине и дополнительных дисплеев. В ИСК входят: электрическая, гидравлическая, топливная, климатическая системы, система жизнеобеспечения, ВСУ, шасси, тормоза, система автоматического информирования, диагностики, а также монитор конструктивной целостности и нагрузок  
Двигатели приводят два генератора мощностью по 65 кВт (F-22 потребляет в основном постоянный ток) и два гидронасоса производительностью по 270 л/мин. ВСУ «Эллайд Сигнал» G-250 имеет мощность на валу 335 кВт и приводит 27-кВт генератор и топливный насос (100 л/мин), перекачивающий топливо из восьми баков в передней и средней части фюзеляжа, крыле и хвостовых балках в расходный бак Приемник системы дозаправки в воздухе находится на «спине» фюзеляжа и в нерабочем состоянии закрыт створками. Самолет можно заправить и на земле самотеком, без применения наземного топливозаправочного агретата (ТЗА).  
«Полностью интегрированная» климатическая система фирмы «Эллайд Сигнал» снабжает самолет кондиционированным воздухом в течение всего полета. Она состоит из трех основных компонентов: системы циркулирования воздуха с открытым циклом для охлаждения БРЭО и наддува системы жизнеобеспечения, испарительной системы с замкнутым циклом для жидкостного охлаждения БРЭО, в т.ч. антенн, и системы терморегуляции топлива, используемого в качестве хладоагента - для предотвращения его возгорания.  
Воздух, отбираемый от двигателей или ВСУ, охлаждается набегающим потоком в первичном теплообменнике. Так как охлаждение БРЭО необходимо производить с момента запуска двигателей, в тракты охлаждения при нулевой скорости воздух закачивается специальными компрессорами. Первично охлажденный воздух дополнительно рефрежирируется и поступает в систему обдува БРЭО, в т.ч. к системам управления самолета и ИСК. Система жидкостного охлаждения поддерживает температуру в отсеках БРЭО около +15° С и использует в качестве хладоагента полиальфаолифин. Топливо охлаждается набегающим потоком в специальных теплообменниках, его температура перед поступлением в двигатель регулируется специальной системой.  
Шасси фирмы «Менаско» имеют электрическую СУ и гидропривод. Системы управления тормозами и передней стойкой шасси - цифровые. Система управления тормозами обеспечивает отсутствие юза основных колес и предотвращает блокировку колес на торможении при посадке и рулении.  
Системы F-22 спроектированы устойчивыми к повреждениям так же, как и планер, причем любой одиночный отказ не может привести к отказу всей системы. Каналы управления зарезервированы, существует несколько независимых источников энергии, силовые приводы в большинстве дублированы, так что к катастрофе самолет могут привести лишь несколько серийных отказов, говорят разработчики.

**МАТЕРИАЛЫ**

На фирме «Локхид-Мартин» уже создана линия окончательной сборки, на которой с небывалой до настоящего времени точностью были собраны первые предсерийные самолеты.  
Несмотря на внешнюю схожесть с прототипом, серийный самолет сильно отличается от него по внутреннему устройству - это результат нескольких инженерных итераций, имевших целью уменьшение массы, а также с целью упрощения технологии производства и снижения его стоимости. Наиболее существенные изменения были внесены в ассортимент применяемых материалов. На прототипе 32% от массы планера составлял алюминий, 27% - титан и 21% - композиты. Для серийного самолета эти процентовки составили соответственно 16, 39 и 24%.  
Процент применения титана был увеличен в ущерб алюминию для увеличения сопротивляемости нагрузкам, температурам и повреждениям. Изначально композиты должны были составлять 35% по массе, но соображения стоимости заставили снизить массовый процент примененных в конструкции термопластов с 11 до 1%.  
В конструкции применены два титановых сплава -Ti6-2-2-2-2 и Ti6-4. На F-22 впервые применен последний сплав в виде горячих изостатических штамповок - обтекателей приводов флаперонов, элеронов и рулей направления, зализов крыла и окантовок воздухозаборников. Их производит фирма «Хаумет». Все они воспринимают большие нагрузки.  
Хвостовые балки, воспринимающие крутильные и термические нагрузки, на прототипах были выполнены из сплава Ti6-4, упрочненного электронным пучком. Дополнительное упрочнение производится в вакуумной камере струей воздуха в ходе процесса, управляемого компьютером, позволяющего равно упрочнить балку со всех сторон. В более раннем процессе было возможно лишь упрочнение прямолинейных поверхностей. Для экономии массы на серийных самолетах было решено выполнить хвостовые балки из композита.  
Каждый третий композитный лонжерон крыла в ходе доработок был заменен на титановый после пожарных испытаний, в ходе которых выяснилось, что конструкция не способна выдержать разрыв снаряда в крыльевом баке - отсеке. Титан также применен в четырех из семи фюзеляжных силовых шпангоутах (прецизионные отливки, фирма «Уаймэн-Гордон»). Титановые сотовые наполнители имеются в конструкции створок двигательного отсека. Их производит фирма «Pop».  
Титановые решетки отверстий забора воздуха, необходимые для снижения ЭПР, имеют сотни прецизионно прорезанных гидроабразивной струей отверстий. Алюминий применен исключительно в виде коррозионно устойчивых сплавов. Силовой лонжерон, соединяющий носовую и среднюю части фюзеляжа, является наиболее сложной алюминиевой деталью - длина его составляет 5,5 м при переменном поперечном сечении. Для этой детали был подготовлен специальный режим термообработки.  
Углеволоконные композиты используются в панелях обшивки, промежуточных лонжеронах крыла, несиловых шпангоутах, дверях и прочих узлах.  
При разделке углепластиковых панелей применяются лазерная компьютеризованная разметка и высокоточный стальной разделительный инструмент фирмы «Инвар».  
Термопласты применяются там, где нужна лишь жесткость - в конструкции шасси, створок отсека вооружения и т. д.  
Наиболее ответственной композитной деталью является ось навески ГО, бывшая на прототипе титановой.

**СПЕЦИАЛЬНАЯ ОКРАСКА**

Здание L-64 на заводе в Мариэтте - не покрасочная мастерская, но здесь самолеты будут проходить покраску перед отправкой на проверку величины ЭПР. Каждый из F-22 будет проводить здесь около 20 дней для автоматического нанесения окраски покрытием, снижающим ЭПР. Это не покраска в традиционном понимании.  
На самолет будет нанесено спецпокрытие, это сделает робот стоимостью 5 млн. долл. Робот меньших размеров будет наносить покрытие на демонтируемые части.  
Большой робот-манипулятор с девятью суставами является модификацией агрегата, разработанного фирмой «Пратт-Уитни» для нанесения лакокрасочных покрытий.  
Робот размещен на автоматической самодвижущейся платформе фирмы «Ментор Текнолоджиз», которая по мере нанесения покрытия огибает самолет по подковообразному пути.  
Для испытания покрасочной системы фирмой ATI был построен алюминиево-фиберглассовый макет самолета, точно повторяющий его внешнюю форму и доработанный с помощью системы САПР CATIA.  
Распыление происходит на расстоянии 250 мм, мелкие детали окрашиваются с дистанции 150 мм. Камуфляж наносится путем отсечки краски, без применения масок.  
Основным критерием при покраске с помощью робота была не стоимость, а равномерность и равная толщина покрытия, а также уменьшение количества технологических операций.

**ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ F-22**

Самолет выполнен по нормальной аэродинамической схеме с высокорасположенным трапециевидным в плане крылом и хвостовым оперением, включающим широко разнесенные и наклоненные наружу кили с рулями направления и цельноповоротные стабилизаторы, вплотную прилегающие к задней поверхности крыла.  
Конструкция истребителя выполнена в соответствии с критериями технологии «стэлс». Малая радиолокационная заметность обеспечивается посредством малоотражающих форм планера, поверхности которого ориентированы в нескольких строго ограниченных направлениях, а также применением радиопоглощающих материалов. Минимальная ЭПР в курсовой плоскости составляет, по оценкам, приблизительно 0,1 м2.  
В конструкции планера широко использованы полимерные КМ, включая термопластичные (12%) и термореактивные (10%) углепластики. На серийном самолете долю КМ (по массе) планируется довести до 35%.  
Крыло - кессонное, целиком выполнено из КМ. Механизация крыла включает отклоняемый носок по всему размаху и закрылки, занимающие больше половины размаха. Стреловидность по передней кромке крыла 42°. Задняя кромка крыла на большей части имеет обратную стреловидность - 17°. По всему размаху крыла имеется отклоняемый носок Практически всю заднюю кромку крыла занимают элероны и флапероны. Сопряжение поворотных и неподвижных поверхностей крыла имеет формы, обеспечивающие снижение радиолокационной заметности.  
Фюзеляж имеет сравнительно большой объем, обеспечивающий размещение вооружения и топлива для длительного полета. Нижняя поверхность фюзеляжа выполнена плоской. В нижней части фюзеляжа расположен основной грузоотсек, еще два отсека для размещения ракет класса «воздух-воздух» малой дальности находятся по бокам фюзеляжа, непосредственно за воздухозаборником.  
Кабина летчика имеет беспереплетный фонарь с радиопоглощающим покрытием и оборудована модифицированным катапультным креслом ACTS II (летчик снабжен усовершенствованным противоперегрузочным костюмом TLSS с системой дыхания под избыточным давлением). Остекление фонаря обеспечивает обзор вперед вниз на угол -15°.  
Вертикальное оперение - двухкилевое, кили наклонены во внешнюю сторону на угол 28° и снабжены рулями направления. Их стреловидность по передней кромке - прямая (+22,9°), по задней - обратная (-22,9°).  
Горизонтальное оперение - цельноповоротное, углы стреловидности соответствуют углам стреловидности крыла.  
Шасси - трехопорное, с носовым колесом, разработано фирмой «Менаско». Оно обеспечивает посадку с вертикальной скоростью 3,05 м/с. Все стойки - одноколесные. Основное шасси убирается в ниши, расположенные в боковой поверхности фюзеляжа, носовая стойка убирается в фюзеляж поворотом вперед. Створки отсеков шасси имеют пилообразные кромки, способствующие снижению радиолокационной заметности.  
Силовая установка.  
Два ТРДДФ «Пратт-Уитни» F-119PW-100 - дальнейшее развитие двигателей семейства F100. ТРДДФ первых серий имеют максимальную статическую тягу 13 900 кгс, в дальнейшем возможно ее увеличение до 15 900 кгс. Боковые подкрыльевые воздухозаборники двигателей - ромбовидного сечения, нерегулируемые, с S-образными каналами для экранирования компрессоров двигателей.  
Плоские сопла двигателей имеют неподвижные боковые стенки и подвижные верхние и нижние панели, предназначенные для регулирования площади поперечного сечения сопла и отклонения вектора тяги по тангажу на угол от +20° до -20°.  
Использование ВСУ G250 существенно повышает боеготовность самолета. Кроме того, обеспечивается , возможность повторного запуска двигателя на высотах до 15 км при М=1. Конфигурация планера и воздухозаборников на 100% экранирует лопатки компрессора ТРДДФ.  
Имеется АСУ фирмы «Эллайд сигнал».  
Общесамолетные системы.  
На самолете установлена цифровая ЭДСУ фирмы «Ли Астроник» с волоконнооптическими линиями данных. Боковая ручка управления для серийного самолета разрабатывается английской фирмой «GEC Эвионикс». Привода поверхностей управления - электрические, фирмы «Смите».  
Имеется система генерирования кислорода (OBOGS) фирмы «Нормалайр-Гаррет».  
Целевое оборудование  
В состав интегрированного комплекса БРЭО, разрабатываемого под общим руководством фирмы TRW, входят центральная комплексная система обработки данных, комплексная система связи, навигации и опознавания ICNIA и боевой электронный комплекс, включающий систему РЭБ «Сандерс»/«Дженерал Электрик AN/ALR-94, БРЛС с высокой разрешающей способностью «Вестингауз»/«Тексас Инструменте» AN/APG-77 и систему оптоэлектронных датчиков EOSS. Две НИС «Литгон» LN-100F с лазерными гироскопами.  
БРЛС AN/APG-77 имеет фазированную активную антенную решетку диаметром около 1 м, состоящую приблизительно из 2000 твердотельных приемопередающих модулей (длина каждого модуля - 70 мм, высота - несколько мм), в которых используется техника монолитных интегральных схем СВЧ диапазона. В целях снижения заметности предусмотрены пассивные режимы работы РЛС, обеспечена малая вероятность перехвата сигналов при активных режимах работы РЛС. Максимальная дальность обнаружения крупных воздушных целей - 270-300 км, целей класса «крылатая ракета» - 150 км, наземные подвижные цели могут быть обнаружены на удалении до 70 км. Сектор обзора по азимуту и углу места ±60°, в ближнем воздушном бою она уменьшается до ±30°, при этом летчик может изменять угол обзора по вертикали в пределах 10-60°. В случае попадания цели в зону обзора на дальности менее 18 км станция осуществляет ее автоматический захват и сопровождение. Количество одновременно сопровождаемых целей не превышает 20. Ориентировочная стоимость одной БРЛС - 3 млн долл.  
БРЛС истребителя обладает способностью обнаруживать и сопровождать такие малозаметные цели, как французская крылатая ракета «Апаш».  
Кабина летчика оборудована широкоугольным ИЛС с полем обзора 20° х 30°, на который выводится полетная, навигационная, прицельная информация, а также информация от объединенной системы опознавания, связи и РЭП. В центре приборной доски расположен основной многофункциональный жидкокристаллический цветной дисплей с размером экрана 203 x 203 мм, на который выводится синтезированная информация о тактической обстановке. По бокам его, а также снизу расположены три многофункциональных цветных индикатора на жидких кристаллах с размером экранов 155 x 155 мм (в типовой конфигурации на левый дисплей выводится детализированная информация о самолетах противника и его средствах ПВО, на правом решается тактическая задача атаки самолетов противника, на нижний - выдаются сведения о состоянии бортового вооружения). В верхней части приборной доски находятся два жидкокристаллических индикатора 75 x 102 мм, на которые выводится навигационная информация и связная информация. Обычные электромеханические приборы в кабине отсутствуют.  
Самолет F-22 оснащен терминалом системы автоматизированного распределения информации JTIDS с линией связи «Линк» 16, в перспективе самолет может быть оборудован помехозащищенной системой обмена данными LPI IFDL (Intra FJi Line), обеспечивающей связь с воздушными КП на большом расстоянии.  
Вооружение  
Самолет имеет встроенную пушку М61А2 ( длинноствольный вариант пушки М61А1 калибром 20 мм боекомплектом 480 снарядов), установленную в правой корневой части крыла. В нерабочем положений артиллерийский порт закрывается специальной крышкой. В центральном грузоотсеке на АКУ может размещаться четыре ракеты класса «воздух-воздух» средней дальности с радиолокационным активным самонаведением AIM-120A AMRAAM или шесть ракет AIM-120С с меньшим размахом оперения (первую ракету этого типа планировалось создать к середине. 1997г.). В дальнейшем перспективные модификации AMRAAM предполагается снабдить новой головкой самонаведения, работающей в радиолокационном (миллиметровом) и ИК диапазонах Альтернативный вариант вооружения для ведения воздушного боя — четыре УР AIM-9X в боковых отсеках и шесть ракет того же типа - в центральном грузоотсеке.  
На четырех подкрыльевых узлах подвески с укороченными пилонами могут размещаться два ПТБ , (на корневых узлах, аналогичные ПТБ самолета F-15) и четыре (на двух спаренных ПУ) ракеты AIM-120A. В дальнейшем на подкрыльевых узлах предполагается подвешивать четыре ПТБ и восемь , УР AIM-120С (на каждом пилоне - ПТБ и две ракеты). Нагрузка на внешних узлах подвески может достигать 2270 кг.  
Первоначальное ударное вооружение самолета будет ограничено КАБ с инерционально-спутниковым наведением JDAM-1000 (450 кг) с осколочно-фугасной БЧ. Суммарный боекомплект на внутренних узлах подвески составит две КАБ, две УР AIM-120C и две AIM-9M.  
В дальнейшем самолет F-22 будет нести ряд перспективных систем ударного вооружения, в частности:  
- КАБ типа JDAM GBU-32 (450 кг) с осколочно-фугасной боевой частью (БЧ), имеющую КВО порядка 10 м. В дальнейшем предполагается повысить точность наведения этого боеприпаса до 3 м. Самолет F-22 должен нести в центральном грузоотсеке две бомбы GBU-32 и две ракеты класса «воздух-воздух» AIM-120С AMRAAM,  
- свободно падающую авиабомбу JAST-1000 с проникающей БЧ BLU-109, предназначенной для поражения особо прочных целей. В перспективе предполагается создать корректируемый вариант этого боеприпаса, имеющий блок спутниковой навигации GPS, а также ИК лазерную или микроволновую радиолокационную системы конечного самонаведения (самолет должен нести две авиабомбы JAST-1000 в сочетании с двумя ракетами AMRAAM),  
- разовую бомбовую кассету с коррекцией ветрового сноса WCMD (Wind Correction Munitions Dispenser), сбрасываемую с больших высот и способную с относительно высокой точностью доставлять в район целей суббоеприпасы различного типа (в частности, сверхтонкие волокна из углерода, предназначенные для вывода из строя линий электропередачи, РЛС и т. п.). Вооружение самолета - две РБК WCMD и две УР AMRAAM, - высокоскоростную противорадиолокационную ракету HARM Block 7 с диаметром корпуса, уменьшенным до 203 мм (F-22 должен нести в центральном грузоотсеке две ракеты HARM и две AMRAAM).

**ИСПЫТАНИЯ**

Для доказательства того, что F-22 по крайней мере вдвое эффективнее F-15 в бою, как указано в контракте, потребуются полномасштабные испытания. Для накопления данных для такого сравнения будет использоваться компьютерное моделирование около 1 млн. дуэльных ситуаций.  
На тренажерах будет проиграно 1000 реальных боевых заданий с участием шести летчиков против 80 различных типов самолетов и 80 типов наземной угрозы. В финале будут проведены летные испытания с проигрыванием нескольких сот ситуаций, приближенных к боевым.  
Как и все остальные аспекты программы, летные испытания интегрированы. Объединенная команда испытателей на авиабазе Эдварде соединяет в себе представителей как фирм-разработчиков, так и ВВС. Главой команды является представитель ВВС США.  
Если в предыдущих программах представители поставщика и заказчика работали параллельно, то теперь они объединяют свои усилия.  
Требования к процессу летного испытания систем БРЭО были разработаны в середине 1997 г., несмотря на то, что самолет, предназначенный для них, номер 4004, полетел лишь в 1999 г. Основное число боевых ситуаций включает один F-22 против четырех целей, но были разработаны и обыграны сценарии для двух F-22 против 12 целей.  
Программа летных испытаний была пересмотрена для выделения большего времени на испытания интегрированного БРЭО. Количество летных часов было урезано, но вместе с тем вся программа была растянута на девять месяцев. Не представляется возможным производить испытания какого-либо элемента БРЭО, например РЛС, в отрыве от остального оборудования.  
Контрольно-измерительная аппаратура была разработана с помощью САПР CATIA и СОМОК. Она уже установлена на первом серийном самолете. Проверки КИА были произведены специалистами с «Боинга» и «Локхид-Мартин». Во время сборки телеметрия посылала данные о ней. Блок телеметрии находился в отсеке вооружения. Первый серийный самолет, №4001, предназначен для испытаний на расширение допустимых режимов полета, флаттер, измерение нагрузок и управляемость. Самолет № 4002 используется для испытаний двигателей и поведения на больших углах атаки, № 4003 стал первым самолетом второй серии, он используется для расширения допустимых режимов полета. № 4004-4009 будут использоваться для испытаний БРЭО. Последние два самолета опытной серии и два первых серийных самолета пройдут программу испытаний в условиях, приближенных к боевым, и будут использованы в дальнейшем для ознакомления летного состава с самолетом.  
Тренировки персонала для летных испытаний начались в ноябре 1996 г. В январе летный персонал прошел тренировки на макете кабины самолета, в апреле был освоен тренажер самолета в Мариетте, а далее состоялся первый полет на самолете F-15 летчика в новом костюме. Последние приготовления запланированы непосредственно перед первым полетом.  
В ходе беспрецедентной программы испытаний программное обеспечение системы пилотирования для F-22 за год до первого полета прошло обкатку на самолете - ЛЛ F-16 VISTA для проверки характеристик управляемости.  
На заводе «Локхид-Мартин» в Форт-Уэрте имеется стенд для отработки топливной системы F-22. Он представляет собой шарнирно закрепленную платформу, на которой собрана вся топливная система самолета, включая четыре ПТБ. На этом стенде отрабатываются законы перекачки топлива для сохранения центра масс при различных положениях и резких эволюциях самолета. Платформа может имитировать угол атаки до 60° и режим дозаправки в воздухе.   
Другой стенд предназначен для отработки электрической и гидравлической систем активно используется в ходе программы летных испытаний для обнаружения и ликвидации возможных неполадок.  
В Форт-Уэрте также имеется лаборатория, отвечающая за характеристики управляемости.  
Фирма «Боинг» отвечает за сопряжение и интеграцию БРЭО. Для начальных исследований, проводящихся с февраля 1997 г., использовались лаборатория и сооружения на территории фирмы в г. Сиэттл, в ходе летных испытаний используется сооружение, в свое время построенное для поддержки испытаний самолетов В-1 и F-16 на базе Эдварде. Испытания начались в августе 1999 г.  
Наземные сооружения для испытаний БРЭО продублированы также на ЛЛ «Боинг-757». На самолете установили носовую часть F-22 с БРЛС. В августе 1997 г., после внесения конструктивных изменений, самолет перелетел в Вичиту, где на него установили бортовой комплекс БРЭО F-22. В августе 1998 г. на самолет установили крыльевые антенны и датчики для проведения второй фазы испытаний. Эта аппаратура размещена на надфюзеляжном неподвижном переднем горизонтальном оперении (ПГО) размахом 8,5 м, имитирующем крыло F-22. «Хитроумное расположение датчиков на самолете еще заставит нас прочесать наши лысины насквозь» - сказал шеф программы самолета ЛЛ Том Скелли. Специальное подразделение занимается просчетом аэродинамики и продувками модели ЛЛ. В конце 1998 г., после установки имитации крыла, ЛЛ продолжила программу испытаний. В испытательных полетах находились 25 техников, которые вносили в систему изменения по мере надобности.  
Первый полет F-22A был назначен на 29 мая 1997 г., когда самолет № 4001 должен был быть подготовлен к перегону с базы Доббинс в г. Мариэтта на испытательный комплекс авиабазы Эдварде в Калифорнии. Задержка произошла из-за необходимости замены элементной базы БЦВМ, а также из-за некоторых дефектов технологического характера, в частности, была обнаружена протечка в первом фюзеляжном топливном баке, затем серьезно барахлила ВСУ. В результате F-22A оторвался от земли лишь 21 сентября 1997 г. Затем, после нескольких относительно коротких полетов, он подвергся различным наземным испытаниям, проверкам и калибровкам, после которых была проведена серия испытательных полетов, в ходе которых, в частности, была отработана дозаправка в воздухе в ходе перегона на авиабазу Эдварде.  
8 апреля 1999 г., после трех месяцев доводочных работ, наземных испытаний и модернизации, состоялся полет второго предсерийного образца истребителя F-22A. Самолет был оснащен новыми тормозами колес шасси, топливными насосами и датчиками. Приводы горизонтального оперения были заменены на более мощные. На самолете установили противоштопорный парашют для проведения испытаний на закритических углах атаки. В ходе второго этапа летных испытаний, который рассчитан на восемь месяцев, первые два предсерийных самолета продемонстрировали возможность крейсерского полета на сверхзвуковой скорости, максимальную скорость, соответствующую числу М = 1.8, а также маневрирование на закритических углах атаки с использованием системы УВТ.  
К концу 1999 г. были завершены летные испытания ботового комплекса самолета F-22 первой серии, установленного на борту ЛЛ «Боинг-757». В 2000 г. на борту ЛЛ отрабатывалось именно взаимное интегрирование различных систем самолета.   
В носовой части ЛЛ по-прежнему установлена БРЛС «Нортроп-Грумман» APG-77 с фазированной антенной решеткой. В ходе демонстрационного полета в г. Вашингтон, где ЛЛ демонстрировалась представителям Конгресса США, был выполнен перехват двух истребителей F-16 ВВС Национальной гвардии, в ходе которого БРЛС продемонстрировала возможность держать неприятельский самолет в ракетном захвате в ходе маневра, при котором у РЛС с подвижной антенной произошел бы срыв захвата.  
Кроме РЛС на ЛЛ также установлены: имитатор кабины истребителя F-22, система мониторинга планера и двигателей, система контроля боевой подвески, полностью интегрированная БЦВМ, а также инерциальная навигационная система.  
Использование ЛЛ в ходе испытаний способствовало выявлению и своевременному устранению сбоев в работе навигационной системы, проявление которых в ходе испытательных полетов на самом истребителе могло бы вызывать серьезную задержку в программе.  
В августе 1999 г. на ЛЛ были смонтированы система связи, навигации и идентификации, а также комплекс РЭБ. Их элементы разместились внутри крыла, смонтированного над кабиной экипажа ЛЛ. После интеграции всех систем ЛЛ с бортовым комплексом РЭО, соответствующим самолету F-22 второй серии, продолжила программу испытаний. В конце 1999 г. была проведена модернизация системы до уровня серии 3S. Начались испытания работы датчиков самолета в полете. По завершении испытаний БРЭО серии 3S истребитель был признан готовым к запуску в серию.  
Проблемы, возникшие в ходе летных испытаний истребителя F-22A, ставят под угрозу закрытия всю программу. Это связано с непредвиденным перерасходом средств, выделенных на программу Конгрессом США. С целью минимизации затрат программа летных испытаний самолета и оставшихся НИОКР ужата по срокам.   
В настоящее время программа вступила в стадию отладки программного обеспечения БЦВМ, на которую отведено три года. Это очень небольшой срок, особенно учитывая тот факт, что все большее и большее число программистов и инженеров по отладке программ переориентируются с F-22 на решение других задач или вообще увольняются. В одном случае, для того чтобы заполнить образовавшуюся вакансию, фирме «Локхид-Мартин» пришлось потратить семь месяцев. В случае если «утечка мозгов» из программы продолжится с прежним темпом, фирма просто не сможет разработать следующие ступени программного обеспечения БРЭО для F-22. Одним из методов радикального решения проблемы является разработка программного обеспечения в виде компактных модулей, которые можно будет использовать в разных системах оружия.  
ВВС США также работают над тем, чтобы не сорвать срок поступления F-22 на вооружение в декабре 2005 г. В настоящее время создана команда из представителей заказчика, испытателей и инженеров фирм «Боинг» и «Локхид-Мартин» для того, чтобы определить первоочередные задачи по интенсификации процесса доводки истребителя.  
Кроме проволочек, связанных с доводкой программного обеспечения, требуют решения некоторые проблемы технического порядка. В частности, было отмечено несколько случаев растрескивания фонаря кабины и выявлена недостаточная прочность некоторых узлов. В результате программа летных испытаний проходит с темпом в среднем один испытательный полет в 12 дней вместо одного полета в три дня. Слишком много времени тратится также на расшифровку показаний контрольно-записывающей аппаратуры и юстировку БРЭО. Продление сроков программы летных испытаний вряд ли представляется возможным, т.к. на это требуются значительные дополнительные ассигнования и санкция Конгресса. В настоящее время на эти цели уже ассигновано 18,8 млрд. долл., и конгрессмены настроены очень жестко в вопросе о выделении дополнительных средств.  
Четвертый предсерийный самолет, на котором планировалось провести испытания интегрированной системы БРЭО, до конца 2000 г. находился на заводе-изготовителе в г. Мариетта из-за проблем с системой охлаждения оборудования. В настоящее время причина неполадки установлена и в программное обеспечение внесены соответствующие изменения, но данная неисправность также задержала выполнение программы.  
Первоначально программа летных испытаний насчитывала 1700 часов, в настоящее время, в связи с выявленными проблемами, ее продлили до 1970 ч, но куратор программы со стороны заказчика генерал-майор Болтон считает, что и этого времени может оказаться недостаточно. Для того чтобы начать приемо-сдаточные испытания самолета, как запланировано, в августе 2002 г., придется изыскивать дополнительные резервы интенсификации. В частности, испытания интегрированной системы БРЭО и программного обеспечения третьей ступени начались уже в конце 2000 г. Это стало возможно благодаря внедрению системы случайных проверок вместо полного контроля результатов испытаний, так как реальные характеристики систем БРЭО вполне соответствуют смоделированным на стендах.  
В декабре 2000 г. МО США вынесли окончательное решение о запуске самолета F-22 в серийное производство.   
Программа летных испытаний, этой машины серьезно отстала от графика. В настоящее время ВВС США вынуждены были изменить график проведения летных испытаний для того, чтобы наверстать упущенные летные часы. В 2000 г. самолеты опытной партии налетали всего 324 ч из 590 запланированных. В качестве причин задержек называют: проблемы с растрескиванием фонаря кабины, несвоевременную поставку самолетов заказчику, починку поврежденных флаперонов, прочностные проблемы с осями навески флаперонов, неисправности в системе жизнеобеспечения, а также неполадки в системе выпуска тормозного газа. Некоторое время заняли также дополнительные проверки тока воздуха в тракте воздухозаборников двигателя.  
В настоящее время в процессе летных испытаний на авиабазе Эдварде принимают участие четыре самолета опытной серии. До конца 2001 г. к ним должны присоединиться еще пять самолетов, в результате опытная серия (девять машин) до начала 2002 г. должна быть поставлена полностью.  
К марту 2001 г. самолеты опытной серии налетали всего около 900 ч. из программы летных испытаний, рассчитанной на 3760 летных часов. Согласно отчету Статистического управления МО США, из запланированных на 2001 г. 300 летных часов, отведенных на испытания БРЭО, было отлетано всего 2 летных часа.  
Программа летных испытаний БРЭО, рассчитанная до августа 2002 г., включает 1900 л.ч.  
Первоначально планировалось завершить программу летных испытаний F-22A к августу 2002 г. Согласно рекомендациям Статистического управления, следует ограничить выпуск с малым темпом истребителей F-22A до 10 машин в год вплоть до завершения этапа войсковых испытаний. На 2001 финансовый год запланирован выпуск 10 самолетов, на 2002-й - 16, а на 2003-й - 24. Ежегодный полный темп выпуска F-22A, согласно существующим планам, должен быть достигнут к 2004 финансовому году и составит 36 самолетов в год.  
Команда летчиков-испытателей от ВВС США («Тайгер Тим»), испытывающая F-22A, внесла свое предложение, состоящее в том, чтобы отложить начало войсковых испытаний, которые должны были начаться в августе 2002 г., минимум на шесть месяцев, для того чтобы выкроить дополнительное время на летные испытания.  
Чиновник, ответственный за летные испытание при МО США, высказал мнение, что начало войсковых испытаний самолета F-22A придется отложить на срок от 9 мес, до 1 года. Естественно, это отодвинет срок достижения самолетом первоначальной боевой готовности на неопределенное время. Это, безусловно, отразится и на сроках реализации, и на стоимости программы в худшую сторону.

Список используемой литературы:

1.www.flashpoint.ru

2.www.airwar.ru

3.”Foxbat avia”- журнал о военной авиации(2009)

4.”AviaHel”-авиационный журнал (2009)