



Павел Булат. 42 года.

Закончил в 88 году БГТУ “ВОЕНМЕХ”,
(Ленинградский механический институт)
Кандидат наук.
Механика жидкости, газа и плазмы.
Динамика полета и управления

О сравнении истребителей четвертого и пятого поколения. вер. от 29 сен.

Часть II. Конец иллюзиям.

*Конец иллюзиям - Мы все для них мясо
“Мадагаскар”*

Фирма “Локхид” опубликовала официальные данные о массе пустого самолета F-22. Она оказалась чуть меньше 20 т. Пустой “Рэптор” всего на 150 кг легче двухместного корабельного Су-33КУБ. Значит ли это, что F-22 плохой самолет? Конечно, нет. Просто три отсека вооружений, переразмеренные нерегулируемые воздухозаборники, огромные вырезы для окон перепуска воздуха и сверхзвуковая крейсерская скорость не даются даром. Чудес не бывает. Правда находятся персонажи, верящие в Деда Мороза до пенсии. Что ж, их ждет жестокое разочарование.

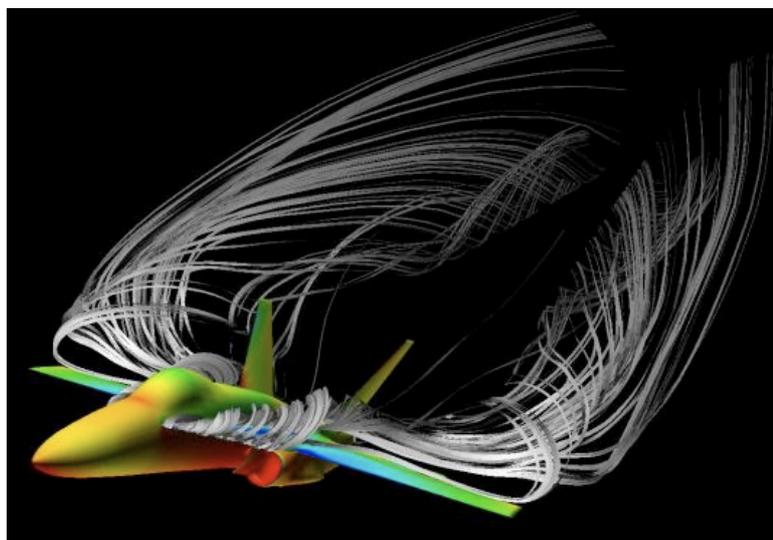


Рис.1. Визуализация течения. F-18

Введение

В современной истории авиации уже был один широко разрекламированный самолет, создатели которого постарались окружить свое детище разными мифами и суевериями. “40 побед и ни одного поражения в воздухе”. “Израильтяне за 5 дней боев сббили 102 сирийских самолета, потеряв лишь один, причем он был сбит своей же зенитной ракетой по ошибке”. Такими “фактами” в печати фирма Д ж е н е р а л Д а й н э м и к с

продвигала свое детище F-16 на рынок. И надо сказать преуспела в этом. F-16 стал самым коммерческим успешным проектом в истории. Современный истребитель отличается сложным вихревым характером обтекания (рис. 1). F-16 один из первых истребителей 4-ого поколения, в котором интегральная компоновка крыла и фюзеляжа, а также вихревая составляющая подъемной силы реализованы наиболее полно.

Программа легкого истребителя 4-ого поколения LWF.

После разработки тяжелых истребителей завоевания превосходства в воздухе FX, в США стартовала программа создания дополняющих их дешевых и легких дневных истребителей Advanced Day Fighter (ADF). Появление реальных данных о МиГ-25 заставило американцев скорректировать свои планы. В результате появилась программа F-XX. Она предусматривала разработку столь же совершенного истребителя, как и FX, но более легкого. Министерство обороны США было настолько вдохновлено предложениями фирм, что собиралось сделать F-XX стандартным истребителем ВВС и ВМС.

Однако, экономика взяла свое. На базе концепций ADF и F-XX [1] в 1971 г. была инициирована программа легкого истребителя Light Weight Fighter (LWF), который рассматривался в качестве дополнения к F-15 и F-14. До стадии макетов дошли концепты фирм Боинг (рис. 2), Нортроп и Дженерал Дайнэмикс (GD).



Рис. 2. Концепт 908 фирмы Боинг по программе LWF.

Несмотря на внешнее сходство с F-16 предложение фирмы Боинг (проект 908) не было признано перспективным, т.к. не имело интегральной компоновки и элементов вихревой аэродинамики.

Фирма GD изучала различные компоновки крыла, воздухозаборников и хвостового оперения (рис. 3). В итоге получился прототип весьма похожий на окончательный F-16 (рис.4).

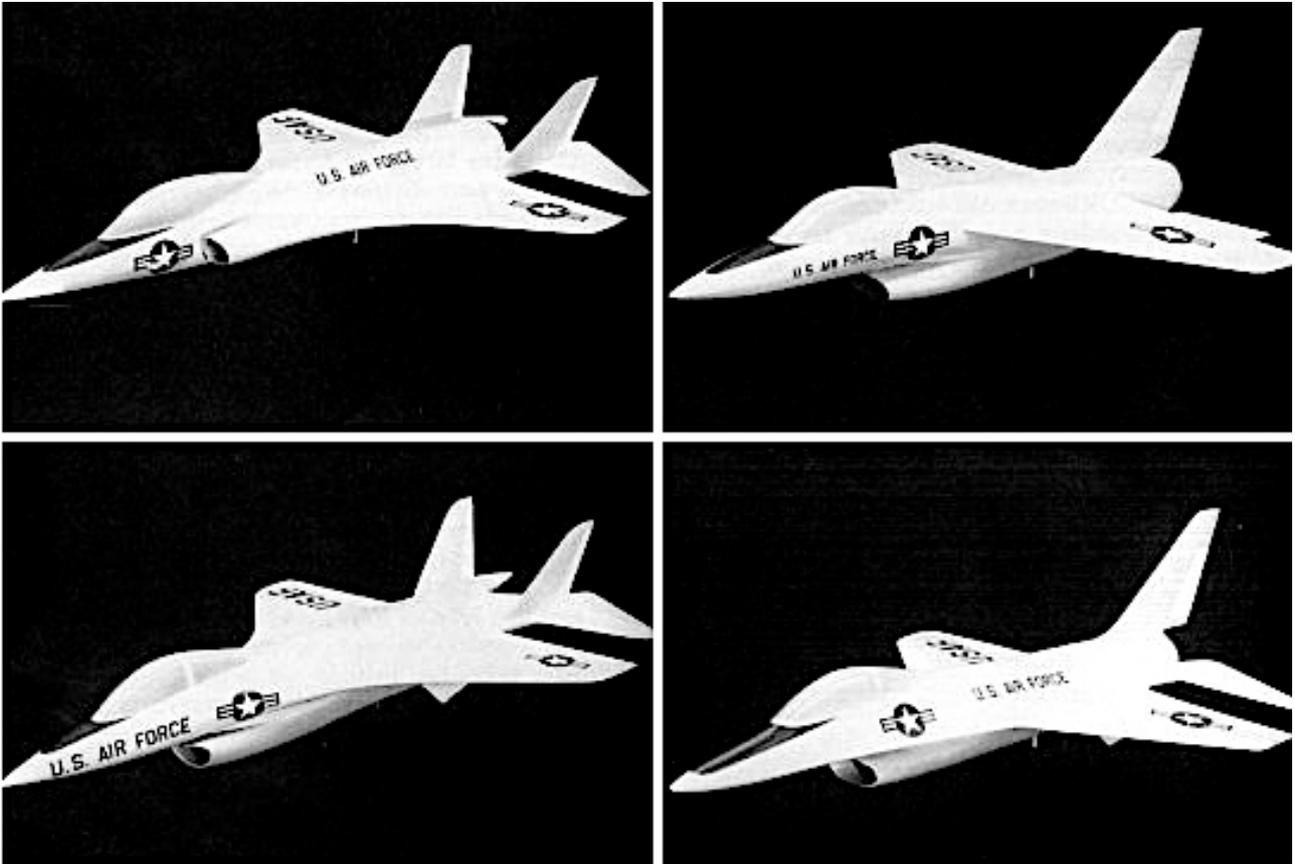


Рис. 3. Варианты компоновки истребителя LWF фирмы GD.

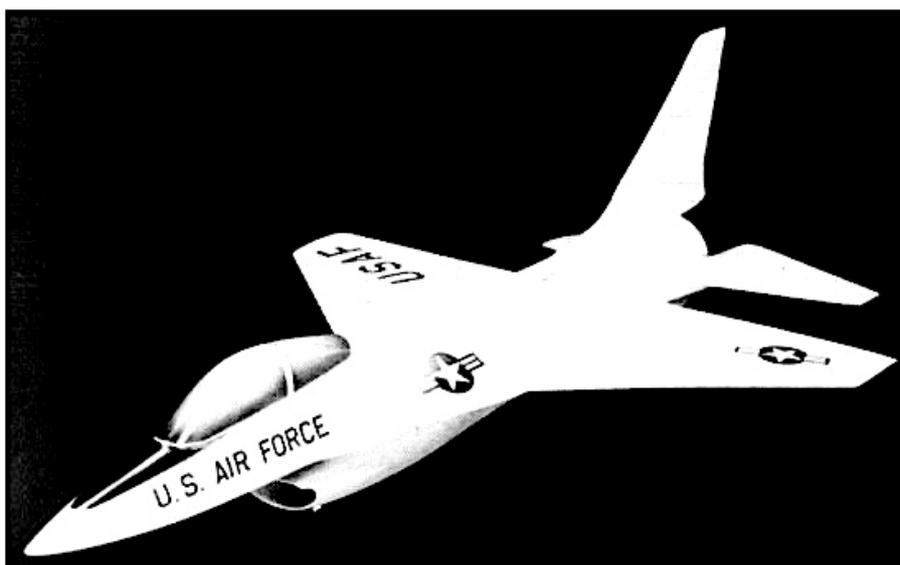


Рис. 4. Прототип 401-16В фирмы GD.

Особенно тщательно изучался вопрос выбора схемы хвостового оперения. По результатам продувок в аэродинамической трубе фирма GD остановилась на однокилевом оперении. По мнению специалистов GD, в сочетании с подфюзеляжным воздухозаборником такая схема обеспечивала лучшее аэродинамическое качество.

В последствии выяснилось, что решение было ошибочным. Так инженеры фирмы Нортроп выбрали двухкилевое оперение. На рис. 5 показано формирование вихревой системы F-18 при боевых углах атаки. Видно, что вихри, срывающиеся с корневых наплывов крыла, взаимодействуют с киями, улучшая путевую устойчивость.

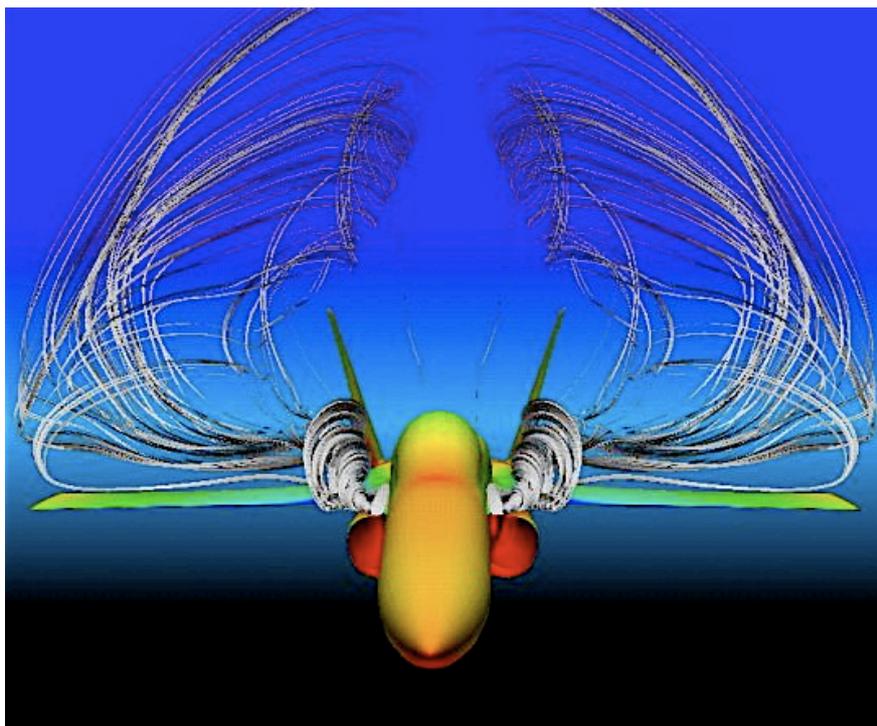


Рис. 5. Четырехвихревая система современного истребителя.

На больших углах атаки горизонтальное оперение может попадать в аэродинамическую тень. Испытания F-16 на углах до 40° показало, что на закритических режимах он теряет способность управляться по тангажу, зависает и может быть выведен из этого положения только с помощью специальных ракет или тормозных парашютов. При двухкилевом оперении отклонение рулей направления в разные стороны позволяет создать момент на пикирование и вывести истребитель на докритические углы атаки.

Заметное преимущество двухкилевое вертикальное оперение (ВО) имеет и при стабилизации по углу скольжения. На рис. 6 приведены схемы расположения вихрей, а также график стабилизирующего/дестабилизирующего момента на разных углах атаки. Видно, что при скольжении вихрь от корневого наплыва попадает между киями ВО и способствует восстановлению путевой устойчивости. На основании выше сказанного специалисты фирмы Нортроп для своего прототипа YF-17 отвергли однокилевое ВО.

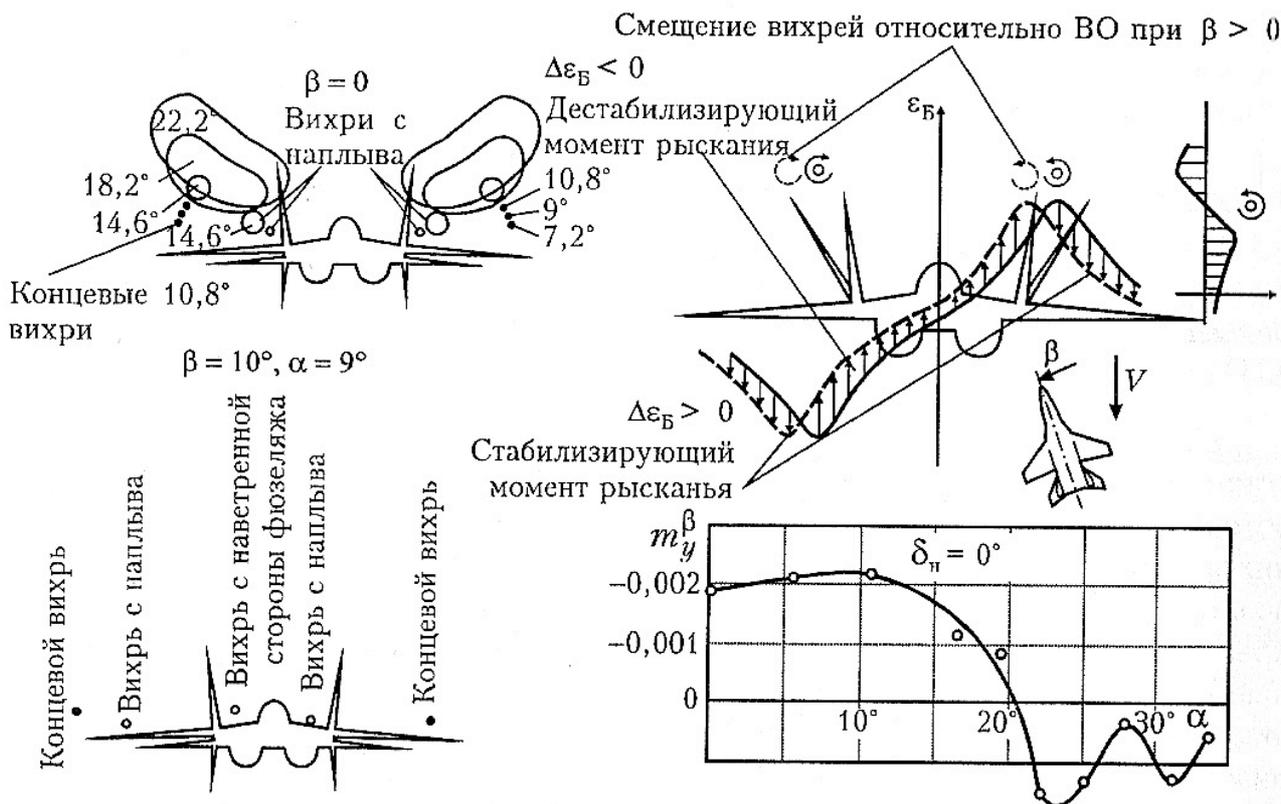


Рис. 6. Взаимодействие четырехвихревой системы с двухкилевым ВО и путевая устойчивость на больших углах атаки.

В настоящее время все истребители, имеющие наплывы крыла, оснащены двухкилевым ВО, даже иранский самолет, созданный в 2007 г. на базе F-5Е (рис. 7). Систематические исследования, проведенные в ЦАГИ в 80-е годы, позволили определить оптимальное сочетание и конфигурацию корневых наплывов крыла, хвостового оперения, формы крыла в плане. Были выявлены также определенные недостатки интегральной компоновки такие как, повышенное сопротивление на крейсерских режимах, неблагоприятные моменты кабрирования и некоторые другие.



Рис. 7. Иранский опытный истребитель Saeghen.

Оказалось, что МиГ-29 имеет в этом отношении практически идеальную аэродинамику. Исследования ЦАГИ стали известны за рубежом. В Великобритании, где просто обожали F-16, в конце 70-х годов была сделана попытка создать на его базе усовершенствованный истребитель Hawker Siddeley HS 1202.9 (рис.8). На нем нашли свое применение все известные на тот момент улучшения: двухкилевое ВО, дополнительные аэродинамические поверхности в хвостовой части фюзеляжа для создания пикирующего момента, близкое к оптимальному соотношение размаха крыла и наплыва. Данная концепция оказалась удачной, но в конечном итоге проиграла проекту British Aerospace EFA.

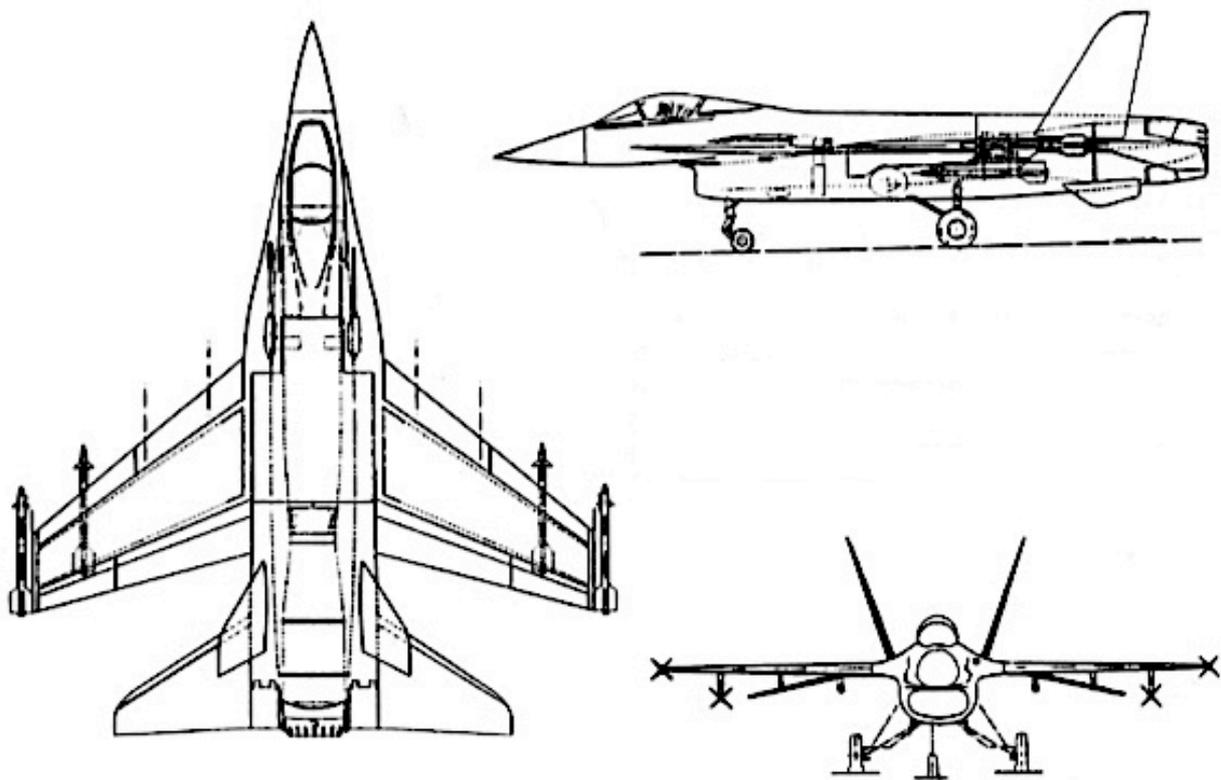


Рис. 8. Британский улучшенный F-16 (Hawker Siddeley HS 1202.9).

Истребитель F-16. От версии к версии.

Победителем в программе LWF была объявлена фирма GD. Считается, что основным доводом в ее пользу стало применение того же двигателя, что и у F-15. Однако, знающие люди утверждают: здесь не обошлось без политики. Фирму Нортроп уличили в незаконном финансировании выборов в Конгресс и это повлияло на результаты конкурса. Интересно, что конкурс на истребитель пятого поколения также был проигран Нортропом не в последнюю очередь по причинам, не имеющим к технике никакого отношения. Фирме не простили не очень удачное осуществление программы B-2, постоянные затяжки и проволочки, а также излишнюю принципиальность на начальном этапе конкурса. В то же время, Локхид реализовала программу F-117 без особых проблем, вела себя покладисто и активно сотрудничала с конкурсной комиссией.

Итак, F-16 в своей первоначальной конфигурации (A/B) представлял собой самолет весьма далекий от идеала. Он мог действовать исключительно днем, был вооружен только двумя ракетами ближнего радиуса действия. Его аэродинамика не позволяла осуществлять эффективное маневрирование на углах атаки свыше 10° . Кроме того, выявилась и недостаточная живучесть конструкции. Исправление первоочередных недостатков привело к увеличению взлетного веса. В результате F-16 реально стал уступать МиГу-23МЛД не только в скороподъемности, но и в вертикальной маневренности. РЛС же у F-16 была слабее изначально.

В конце 70-х начале 80-х годов стартовала не имеющая аналогов в мире программа поэтапного улучшения истребителя F-16 "Multinational Staged Improvement Program" (MSIP) [2]. На первом этапе были улучшены форма стабилизатора, исправлены многочисленные ошибки в программном обеспечении, введен более экономичный двигатель F100-PW-200. На летные данные это существенного влияния не оказало, т.к. тяговооруженность была по прежнему недостаточной.

В середине 80-х годов в США приняли программу Alternative Fighter Engine (AFE), в соответствии с которой на F-16 должно было быть обеспечено применение, как двигателей F100-PW-200, так и F110-GE-100. Считалось, что конкуренция между фирмами позволит снизить стоимость моторов, а также положительно скажется на улучшении их характеристик. В 1986 г. на F-16 появилась универсальная хвостовая часть, в которую мог устанавливаться и более крупный двигатель фирмы Дженерал Электрик. Самолеты получили обозначение F-16C блок 30 (с двигателем F110-GE-100)/ блок 32 (с двигателем F100-PW-220). Значительная часть F-16C блок 30 была выпущена с прежним воздухозаборником (так называемый "малый рот", см. рис. 9), что не позволяло F110-GE-100, имевшему больший расход воздуха, развивать полную стендовую тягу. Кроме того, данный двигатель был заметно тяжелее, что потребовало установки в носовой части фюзеляжа балласта.

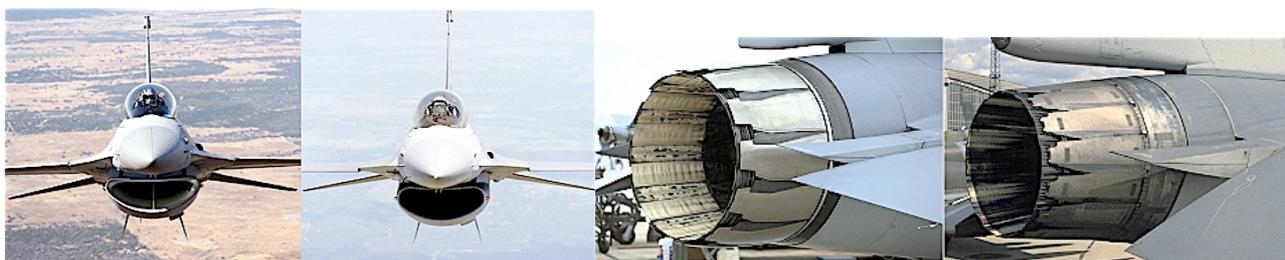


Рис. 9. "Большой рот", "малый рот", F110-GE-100, F100-PW-200.

Только на модификации Блок-30D появился большой воздухозаборник. Однако, таких самолетов было выпущено немного. Мощность же F100-PW-220 даже несколько уменьшилась по сравнению с предыдущей модификацией. В результате летные данные F-16C блок 30/32, выпускавшегося до 1992 г., были хуже, чем у F-16A. В дальнейшем мы проведем подробное сравнение F-16, F-15, F-18 и советских истребителей. Пока же отметим только то, что до 1992 г. по тяговооруженности и удельной нагрузке на крыло F-16 уступал всем истребителям 4-ого поколения, кроме F-14.

Первым действительно крупным шагом в увеличении возможностей F-16 стал блок 40/42 (этап программы MSIP III), стартовавший в 1989 г. Истребитель сделался всепогодным, появилась возможность применения его ночью. Все это благодаря системе низковысотной навигации Мартин-Мариетта LANTIRN. На истребителе появилось высокоточное оружие класса "воздух-земля" GBU-10, GBU-12, GBU-24 Paveway, AGM-88 HARM II, ракеты "воздух-воздух" средней дальности AMRAAM.

Был также усилен планер. На 500 кг выросла масса самолета, при которой он мог выдерживать перегрузку 9g, а также максимальная взлетная масса. Двигатели остались прежними, однако F110-GE-100 был уже полностью интегрирован с планером, что позволяло реализовать его повышенную тягу. Для потяжелевшего самолета двигатель F100-PW-220 был уже слаб, поэтому более, чем 75% из 615 выпущенных F-16 блок 40/42 оснащались мотором F110-GE-100.

В 1992 г. взлетел первый серийный F-16 блок 50/52. По своим ударным характеристикам самолет приблизился к МиГ-29М, а в части воздушного боя сравнялся с МиГом-29 в дальности обнаружения РЛС (рис.10).

450 км - дальность действия станции APG-77 по активному излучению цели
 250 морских миль

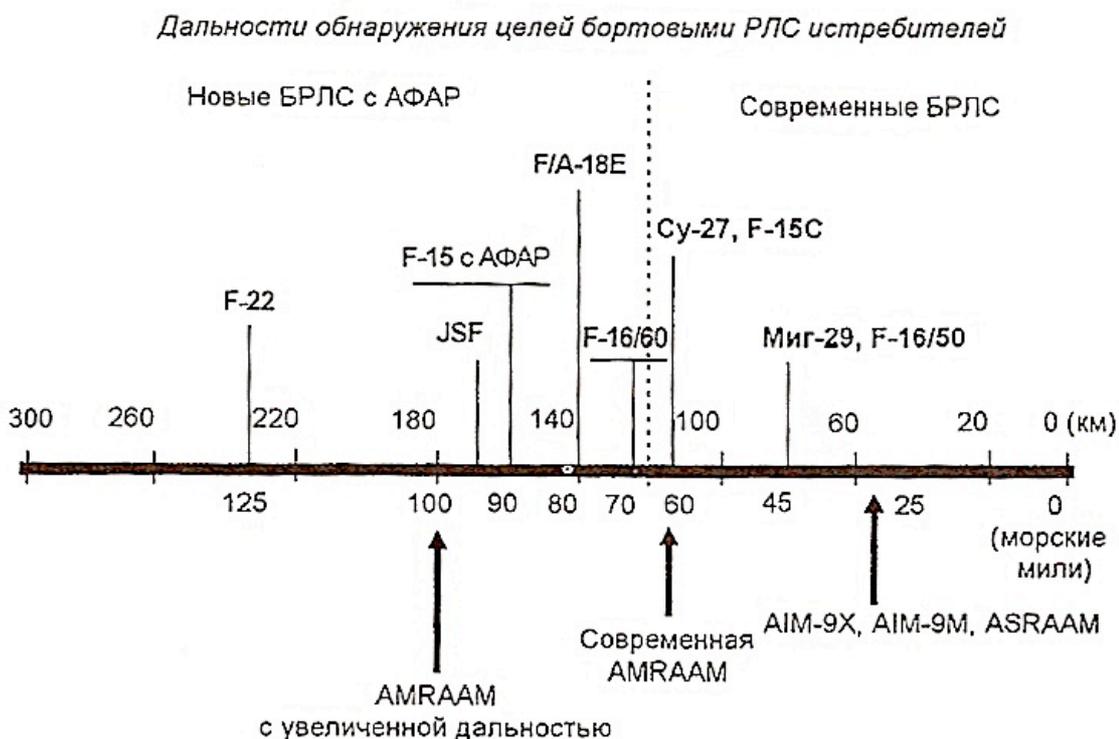


Рис. 10. Дальности обнаружения цели бортовыми РЛС

Постепенное ухудшение летных данных истребителя, а также появление МиГ-29М, потребовало применения более совершенных двигателей. Ими стали F110-GE-129 и F100-PW-229, в которых были использованы многие решения от моторов пятого поколения. Благодаря этому и новой усовершенствованной РЛС AN/APG-68 версии V(7-9) блок 50/52 можно отнести к поколению 4+. После 1996 г. появились модификации блок 50/52+,

на которых установили цветные жидкокристаллические дисплеи, а с 2002 г. и наשלемную систему индикации. Дальность обнаружения РЛС выросла на 30%. Всего было выпущено более 800 многоцелевых истребителей F-16 блок 50/52. Производство продолжается до сих пор.

Несмотря на некоторые недостатки F-16 олицетворяет собой значительный шаг вперед в развитии концепции легких истребителей, в том числе и в области аэродинамики. На нем впервые в мире на серийном самолете применили автоматически изменяемый в соответствии с условиями полета профиль крыла (рис.11). Система управления определяла угол атаки и задавала в соответствии с программой углы отклонения носка крыла и закрылка. Позднее такая система появилась на Су-27, МиГ-35, F-22 и других самолетах. На МиГ-29 изменение кривизны профиля при маневрировании также используется, но носок имеет только два положения “выпущено” и “убрано”.

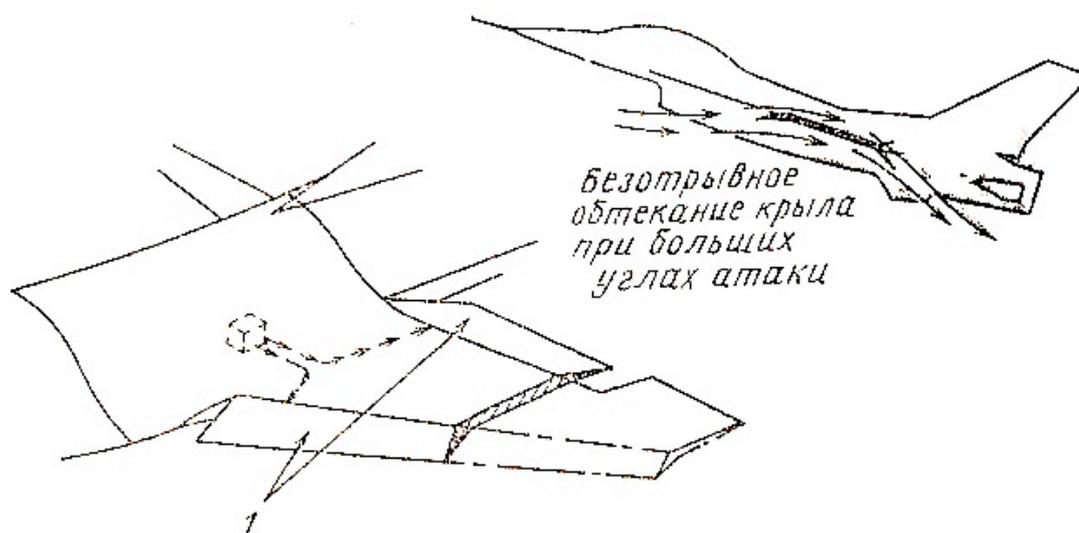


Рис. 11. Изменяемый в соответствии с условиями полета профиль крыла F-16

F-18 - для тех, кто понимает.

Среди всех американских истребителей 4-ого поколения F-18, а особенно F-18E/F, наиболее полно используют преимущества интегральной компоновки. В настоящее время, в США принято решение сохранить смешанный состав истребительного парка (рис.12) по крайней мере до 2020 г. Роль тяжелого истребителя флота отводится F/A-18E/F.

Из всех существующих самолетов F-18 в наибольшей степени отвечает требованиям, предъявляемым к универсальному штурмовику/истребителю. Это объясняется оригинальностью концепции, заложенной при разработке его прототипа P-530 “Кобра” [3]. Она является развитием аэродинамической схемы с почти прямым крылом, использованной ранее фирмой Нортроп на самолетах Т-38 и F-5, отличавшихся очень высокой маневренностью.

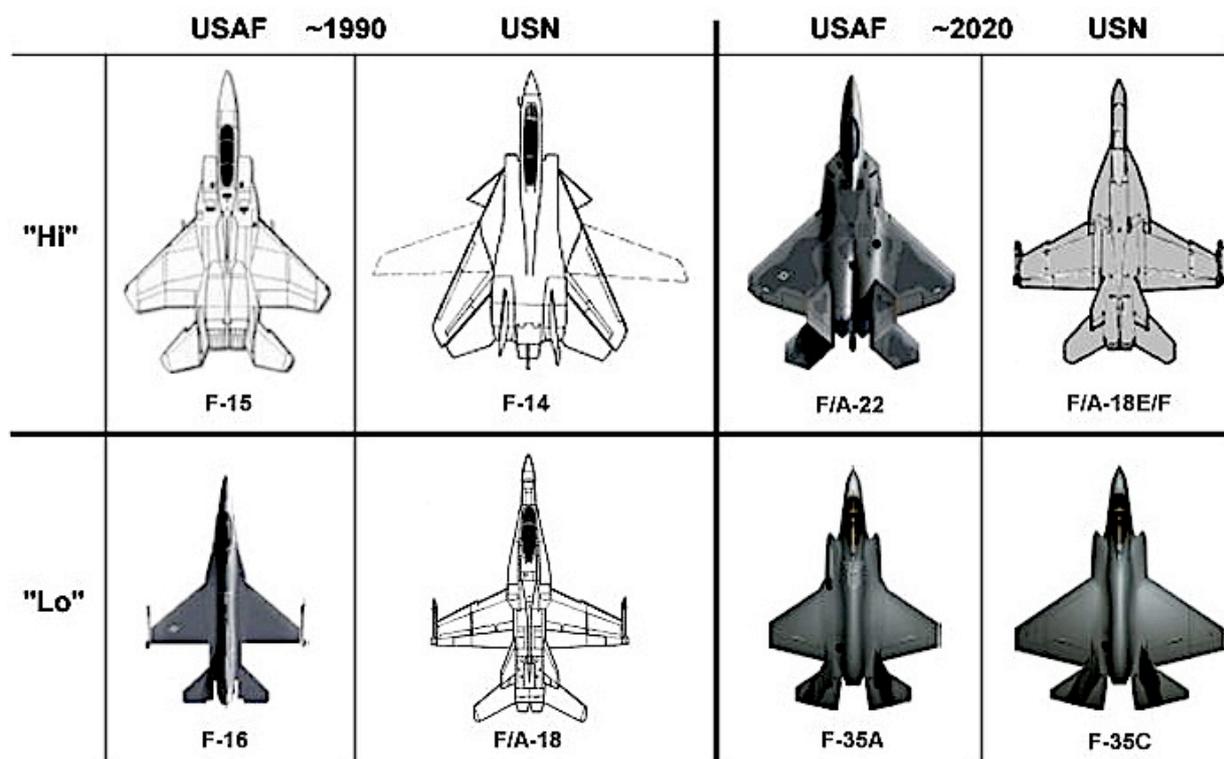


Рис. 12. Смешанный парк ВВС и ВМФ, состоящий из тяжелых (Hi) и легких (Lo) истребителей.

Нортроп провела обширные исследования, которые показали, что бои ведутся, в основном, на дозвуковых скоростях. А завязка воздушного боя происходит в диапазоне $M=0.8-0.9$. По мнению специалистов фирмы, наилучшим образом этим требованиям отвечает компоновка с прямым высококомеханизированным крылом (в зависимости от числа M и угла атаки отклоняются носки крыла и закрылки) с корневым наплывом и двухкилевое оперение, сохраняющее эффективность на больших углах атаки.

Истребитель "Кобра" представлял собой законченную систему вооружения, предназначенную для поставок в третьи страны вместо F-5. Созданный на его базе самолет - демонстратор YF-17 был представлен на конкурс LWF и вышел в финал вместе с YF-16. На тот момент YF-17 вдвое превосходил любой современный ему истребитель в маневренности. Большим его преимуществом перед YF-16 была способность выходить на углы атаки до 45° . Оригинальной получилась и система управления по крену. Самолет управлялся элеронами и дифференциально отклоняемым стабилизатором, причем нагрузки на поверхностях стабилизатора выдерживались постоянными во всем диапазоне высот и скоростей. Это обеспечивало постепенное исключение из управления по крену элеронов по мере увеличения скорости. Тем самым полностью исключалось такое неприятное явление, характерное для гибкого крыла, как реверс элеронов. В наплывах крыла были сделаны прорезы, которые способствовали перетеканию воздуха повышенного давления из-под крыла на его верхнюю поверхность. Однако, это решение не оправдало надежд аэродинамиков, и на F/A-18E/F от него отказались. Эволюция формы прототипа показана на рис. 13.

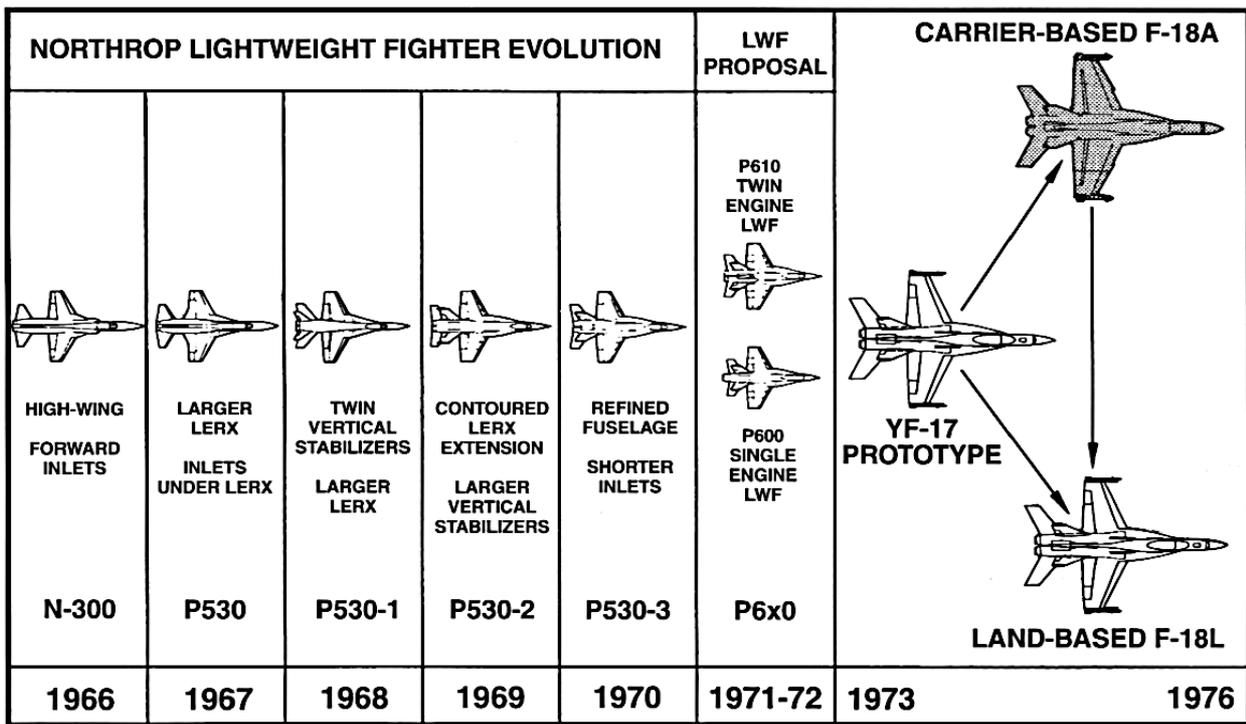


Рис. 13. Эволюция аэродинамической схемы F-18 [4].

Как известно, YF-17 проиграл соревнование YF-16, о причинах мы упомянули выше. К счастью для фирмы, прототип Нортропа приглянулся командованию ВМФ. Почти прямое крыло, два двигателя, способность взлетать и садиться на больших углах атаки, как нельзя лучше соответствовали требованиям к новому штурмовику, предназначенному для замены А-7 Корсар-2. А поскольку YF-17 вдвое превосходил в маневренности основной палубный истребитель F-4, то вопрос о кандидате в напарники к F-14 отпал сам собой.

К работам привлекли фирму McDonnell Douglas. Хотя получившийся в результате F-18 и похож на прототип, это полностью новый самолет. Первые годы эксплуатации выявили низкий ресурс вертикального оперения. Причиной было явление, известное под названием “взрыв вихревого жгута” (рис. 14).



Рис. 14. Взрыв вихревого жгута и взаимодействие вихря с вертикальным килем.

Многочисленные продувки в аэродинамической трубе показали, что распадающийся вихрь от корневого наплыва крыла взаимодействует с килем в нестационарном режиме. Это приводит к появлению усталостных трещин. Для устранения подобных негативных явлений на более поздних F-18A/B стали устанавливать вертикальные щитки - турбулизаторы на наплыве (рис. 15). Генерируемые ими вторичные вихри увеличивали энергию вращения основных вихрей, что подавляло явление "вихревого взрыва".



Рис. 15. Щитки для подавления "вихревого взрыва".

F-18A/B появились в строю в 1983 г. Они зарекомендовали себя очень надежными и эффективными самолетами. После выпуска примерно 400 машин фирма в 1987 г. перешла к производству усовершенствованной модели F-18C/D, на которой впервые нашли применение жидко-кристаллические дисплеи, очки ночного видения, инфракрасная система наведения FLIR, новые ракеты средней дальности AMRAAM. Весьма совершенной была и РЛС APG-65 фирмы Хьюз с неподвижной антенной (подвижная не влезала в небольшой острый нос), обладавшая в равной степени выдающимися способностями, как в режиме воздух-воздух, так и воздух-земля. Ничего подобного на F-16 в это время еще не было.

Совершенствование системы вооружения и бортовой электроники увеличило боевые возможности F-18 в разы, но привело к росту взлетного веса самолета, что сказалось и на маневренности, и на взлетно-посадочных характеристиках. Для палубной авиации это является критичным.

Размерность машины стала тормозом в дальнейшем развитии систем наведения. Выход конструкторы увидели в увеличении размерности F-18 и переводе его в разряд тяжелых истребителей. Тому способствовали и отказ от программы малозаметного палубного штурмовика A-12 и завершение эксплуатации перехватчиков F-14. Для замены этих машин нужен летательный аппарат более крупный, чем F-18. В то же время, концепция Хорнета себя полностью оправдала. Обладая, чуть меньшей тяговооруженностью и несколько большей нагрузкой на крыло, чем F-16C, F-18 за счет совершенной

аэродинамики может использовать при маневрировании большие углы атаки. В результате, маневренность этих истребителей практически одинаковая.

При создании нового самолета аэродинамическую схему решили сохранить, лишь увеличив размеры (рис. 16). Несмотря на внешнюю похожесть F/A-18E/F является совершенно новым самолетом. Степень общности с F-18 не больше, чем у МиГ-25 и МиГ-31. Серьезные изменения претерпели не только бортовое оборудование, но и конструкция, и аэродинамика, и двигатели. Аэродинамическая схема была усовершенствована с использованием новейших достижений в компоновке крыла и двигателей, реализованных на МиГе-29. Наплыв крыла приобрел оптимальную готическую форму (рис. 16,17), увеличился в размерах до 1/3 размаха, исчезли не оправдавшие себя щели. На крыле появился вихреобразующий “зуб”, как на МиГе-23МЛД. Воздухозаборники стали ромбовидными (рис.17), что значительно улучшило условия работы двигателей на больших углах атаки при некотором увеличении ЭПР.

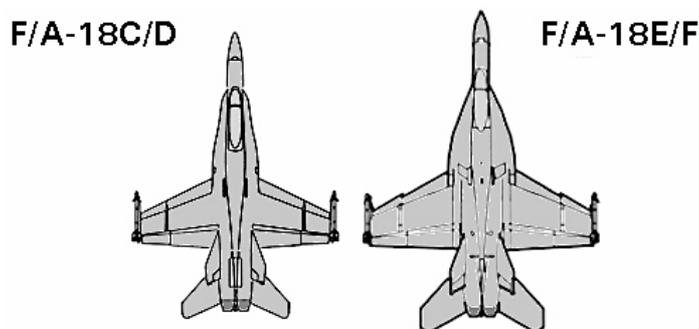


Рис.16. Сравнение размеров F-18 и F-18F.

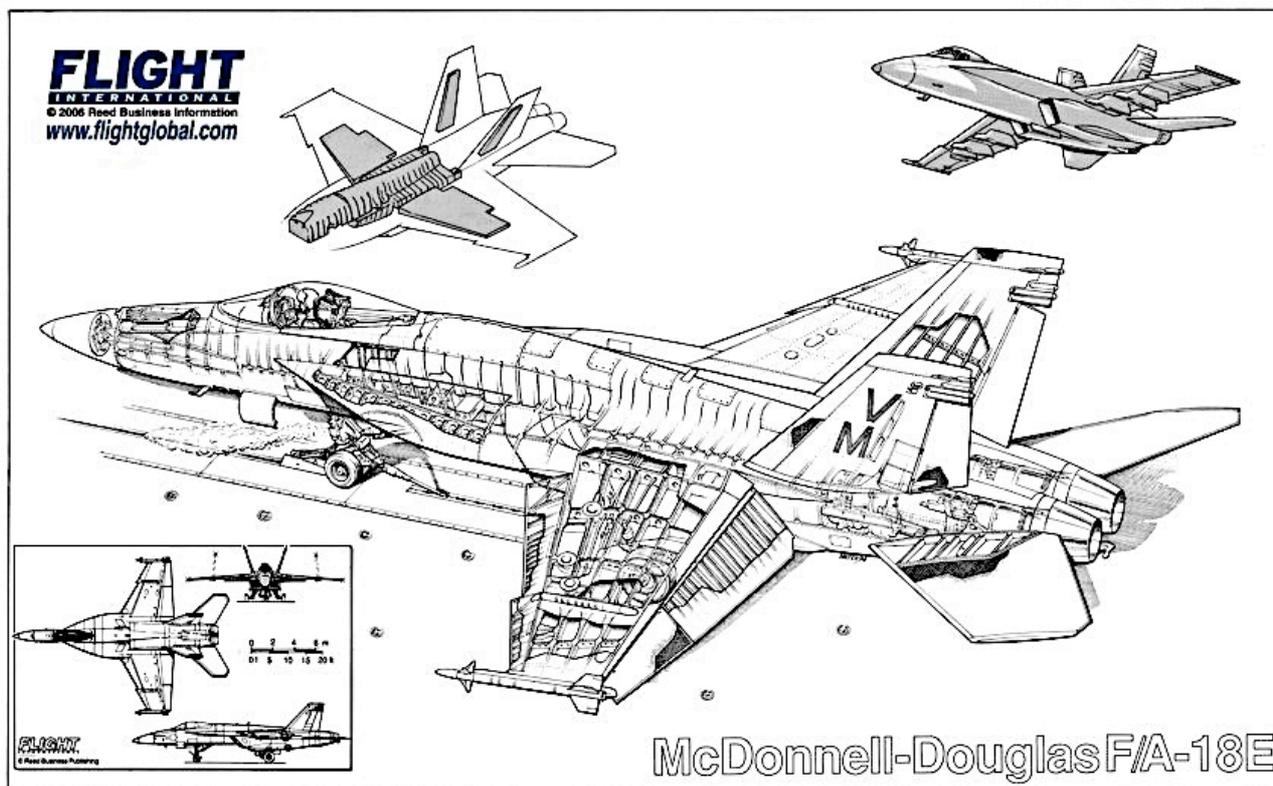


Рис. 17. Супер Хорнет.

Есть и менее заметные невооруженным взглядом изменения, которые, тем не менее, демонстрируют внимание разработчиков к деталям и старание выжать из удачной схемы все по максимуму. У классического F-18 гибкое крыло и значительная геометрическая крутка (концевые профили имеют на 4° меньший угол установки, см. рис. 18).

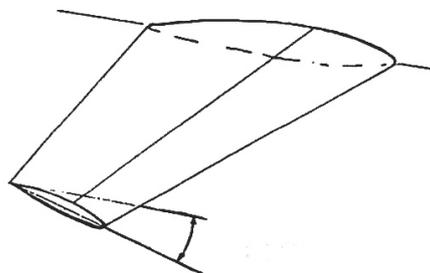
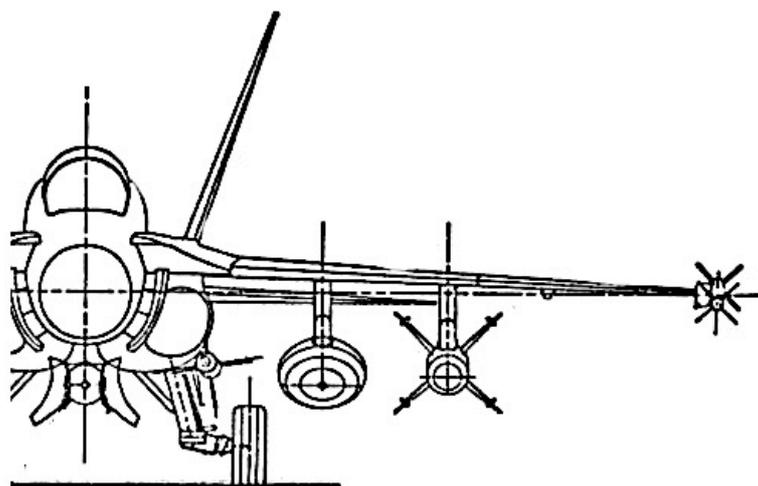
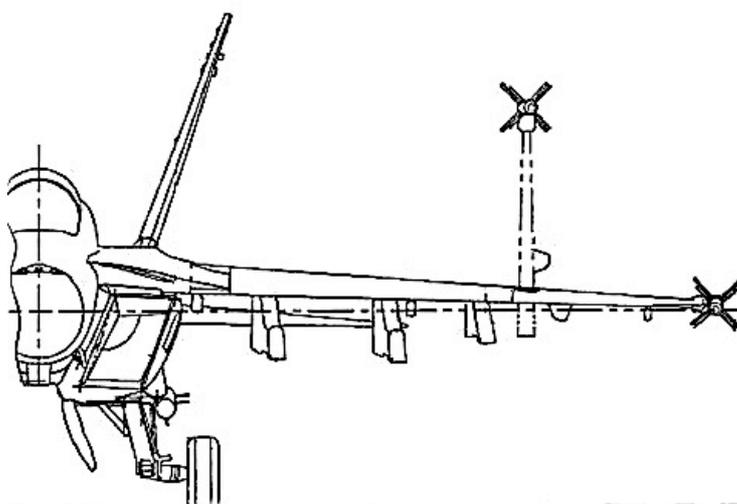


Рис.18. Понятие геометрической крутки крыла.

На F-18E/F применено жесткое крыло с углом крутки всего $1,4^\circ$ (рис. 19).



Вид спереди F-18A



Вид спереди F-18E

Рис. 19. Сравнение угла геометрической крутки крыла на F-18A и F-18E.

Это хорошо видно по углу установки ракеты AIM-9. Дело в том, что на крыле Супер Хорнета использованы более толстые профили, оптимизированные для

крейсерского полета на околозвуковых скоростях. Такое крыло меньше прогибается под нагрузкой, поэтому столь большой, как на F-18, угол геометрической кривки не нужен. Это позволяет применить управляемую деформацию крыла при маневре, что заметно увеличивает аэродинамическое качество при больших перегрузках. Значительно с 7 до 15% увеличилась доля подъемной силы, создаваемой фюзеляжем. Появилась деформация срединной поверхности. В общем, в части аэродинамики Супер Хорнет приблизился вплотную к МиГу-35 и Су-27.

Однако самой важной новинкой стал двигатель F414-GE-100 (рис.20), о котором рассказано в первой части статьи.

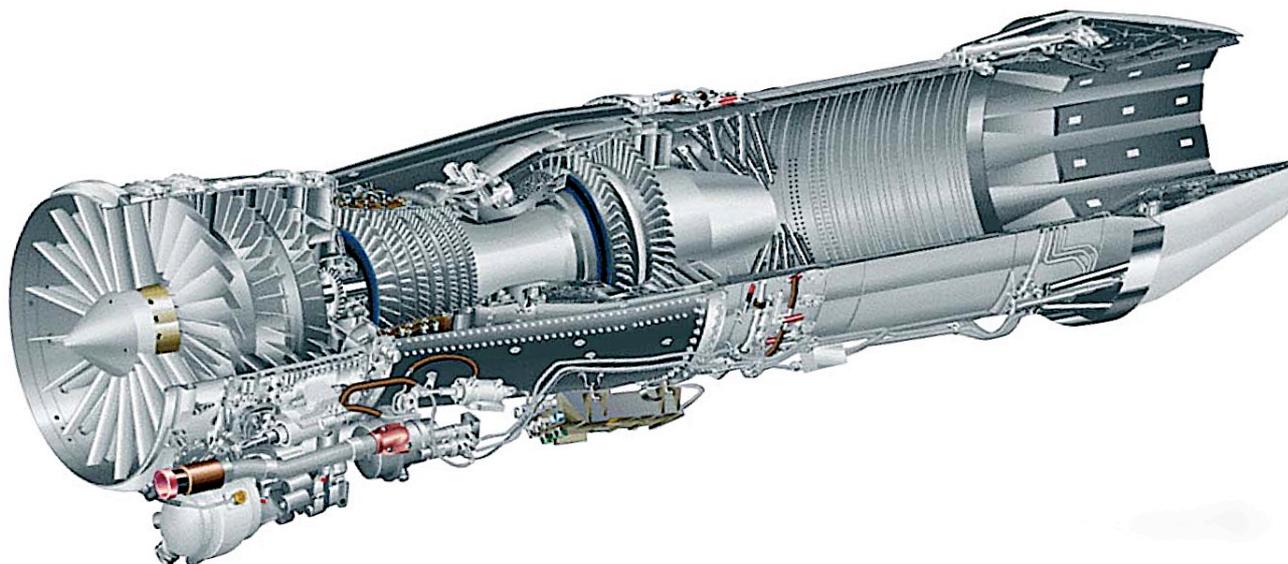


Рис. 20. Двигатель F414-GE-100.

В отличие от большинства двигателей 4-ого поколения F414, также как и РД-33 имеет благоприятную высотную - скоростную характеристику. Максимум тяги достигается на уровне море при $M=0.9$. С увеличением высоты полета максимум постепенно смещается в область сверхзвуковых скоростей. Как видно из табл.1, F414 в наибольшей степени превосходит F404 именно в области скоростей $M=0.8-0.9$, на которых обычно и завязываются бои [5]. В результате, при существенно (на 35%) возросшем внутреннем запасе топлива, тяговооруженность с 2 УР AIM-9 и 2 AMRAAM и 60% топлива в баках на скорости $M=0.9$ тяговооруженность уменьшилась у F-18E/F всего на 7%.

На боевом же режиме при вступлении в ближний маневренный бой F-18E/F несколько превосходит F-16 блок 50/52 в тяговооруженности, при существенно меньшей нагрузке на крыло и возможности маневрировать с большими углами атаки. Лучше у Супер Хорнета и аэродинамика. Аэродинамическое качество и C_{yMAX} на маневре существенно превышают таковые у F-16. Это объясняет, почему создатели Су-35 сравнивают его с F-18E/F, а не F-16С блок 60, EF2000 и другими истребителями поколения 4+.

Таблица 1. Тяга двигателей в фунтах на различных высотах и скоростях

Двигатель	F/A-18 C/D F404-GE-402	F/A-18 E/F F414-GE-400	%Δ
Уровень моря			
0.8 Mach ^a	19,342	22,299	15
0.9 Mach	19,310	23,249	20
1.0 Mach	19,062	23,158	21
1.2 Mach ^b	17,376	19,226	11
5,000 футов			
0.8 Mach	17,612	20,112	14
0.9 Mach	18,261	20,622	13
1.0 Mach	18,907	21,208	12
1.2 Mach	18,172	20,576	13
20,000 футов			
0.8 Mach	11,152	13,475	20
0.9 Mach	12,202	14,402	18
1.0 Mach	13,232	15,339	16
1.2 Mach	14,982	16,756	12
1.4 Mach	16,652	17,426	5
40,000 футов			
0.8 Mach	4,665	5,681	22
0.9 Mach	5,134	6,301	23
1.0 Mach	5,631	6,983	24
1.2 Mach	6,993	8,481	21
1.4 Mach	8,678	10,048	16
1.6 Mach	9,740	10,920	12

Таким образом, несмотря на безусловную коммерческую успешность F-16 проиграл соревнование Хорнету. Конструкторам Боинга удалось создать действительно многоцелевой самолет, эффективный в качестве транспортного средства и довольно маневренный. Его концепция близка к МиГу-35 конца 80-х годов (рис. 21).

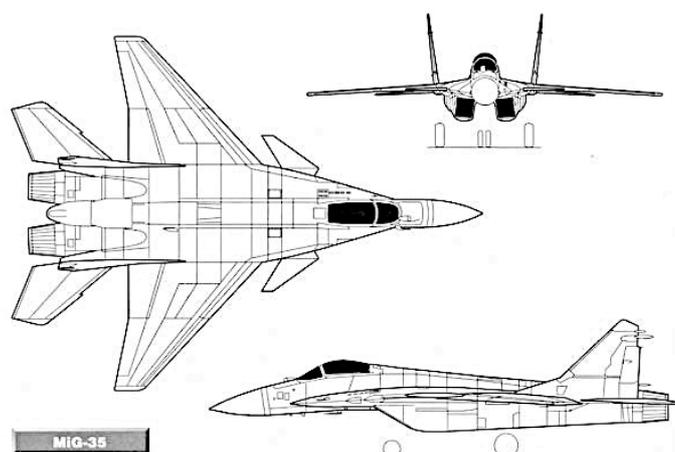


Рис. 21. Схема МиГа-35 (первый с этим названием).

Таблица №2. Характеристики истребителей 4-ого поколения

	МиГ-29 9/12/9/13	МиГ-29К	Су-27	Су-27К	Мираж 2000	F-16A	F-16C- 40	F-16- 50/52	F-15A	F-15C	F-15E	F-18A	JAS-39	F-18C
Масса														
пустого 1)	10900	12534	16300	19600	7 500	6 584	8581	8300	12700	12973	14515	10455	6622	10 810
взлетный норм. в варианте в-в 2)	15180	17700	23250	26650	9 500	10 299	10780	12096	18820	20240	21634	15335	9700	16652
взлетный макс. в варианте в-в 3)	15360	22400	28 355	33000	17000	14 916	18187	21250	25400	30850	36741	22328	12474	25 401
при вступлении в ближ. возд. бой 4)	12880	15044	19244	22888	8 010	8 991	8774	10090	15734	16734	17672	13033	8116	13 673
с 50% топлива и норм. нагр. в-в 5)	13505	15550	19750	23900	8 010	8 991	9230	10546	16190	17190	18584	13033	8566	14 189
топлива внутри	3300	4300	9400	9500	2979	3100	3100	3100	5260	6100	5952	4605	2268	4 926
Тяговооруженность														
2)	1,10	1,06	1,08	0,94	1,02	1,05	0,98	1,06	1,15	1,05	0,98	0,94	0,85	0,96
M=0,85, H=1 km 4)	1,48	1,36	1,40	1,09	1,19	1,20	1,15	1,30	1,37	1,27	1,20	1,17	1,01	1,16
M=0,85, H=3 km 5)	1,24	1,13	1,27	1,05	1,2	1,2		1,25	1,34	1,23	1,14	1,11	0,96	1,12
Площадь крыла, м ²	38,056	40	62,04	70,83	41	28,87	28,87	28,87	56,49	56,49	56,49	37,16	30,7	37,16
Нагрузка на крыло, кг/м²														
4)	338,4	376,1	310,2	323,1	195,4	311,4	303,9	349,5	278,5	296,2	312,8	351	264	368
с учетом несущ. корп. 4)	241,7	268,6	206,8	215,4	195,4	295,9	288,7	349,5	278,5	296,2	312,8	328	264	320
5)	354,9	388,75	318,3	337,4	195,4	311,4	319,7	365,3	286,6	304,3	329,0	351	279	382
с учетом несущ. корп. 5)	253,5	277,7	212,2	225,0	195,4	311,4	319,7	365,3	286,6	304,3	329,0	326	279	325

Заключение

Во второй части статьи мы рассмотрели наиболее массовые западные истребители 4-ого поколения F-16 и F-18. Показали, что вопреки безудержной рекламе F-16 отнюдь не является лучшим. Аккуратное сопоставление реальных, а не “бумажных” модификаций, позволило составить таблицу масс, тяговооруженностей и нагрузок на крыло на важнейших боевых режимах полета. В третьей части мы рассмотрим МиГ-29, Су-27 и F-15. Подробнее коснемся аэродинамики, а также методов расчета маневренных характеристик.

Литература

1. Bonds, Ray, ed. The Modern US War Machine: An Encyclopedia of American Military Equipment and Strategy.
2. Philip J. R. Moyes. General Dynamics F-16 Fighting Falcon. Aerodata international. №16. 82 pp.
3. В.И. Авралова, Я.А. Шнейдерман. Легкий истребитель Нортроп YF-17. Техническая информация, №2, 1975 г., ОНТИ ЦАГИ, с.1- 14.
4. B. Elward. F/A-18 Hornet. Warbirdtech series. vol. 31. Specialty Press Publisher, 2001, pp.106.
5. Navy Aviation: F/A-18E/F Will Provide Marginal Operational Improvement at High Cost. DIANE Publishing Company, 1996, ISBN 0788134043, 9780788134043, pp. Всего страниц: 101