



Павел Булат. 42 год.

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

На пути к пятому и шестому поколению. Часть I. Чертик из табакерки.



Рис1. Boeing "Bird of Prey".

18 октября, 2002 года небольшой группе журналистов был представлен новый летательный аппарат - прототип фирмы Boeing "Bird of Prey" (хищная птица). Сие творение произвело сильное впечатление на специалистов, поскольку продемонстрировало взгляды одного из сильнейших мировых сообществ конструкторов и аэродинамиков сразу по нескольким принципиальным вопросам: малозаметность, управляемость, маневренность на дозвуковых и сверхзвуковых скоростях перспективных летательных аппаратов. Тем не менее, в научно - популярных российских авиационных изданиях этому вообще не было уделено никакого внимания.

Введение

В конце 80-х годов, затем все 90-е годы в журналах “Авиация и Космонавтика”, “Авиация и Время”, “Авиация”, “Техническая информация”, “Зарубежное военное обозрение” и др. появлялись статьи о самолетах 4-ого и 5-ого поколения, о проблемах воздушного боя, сверхманевренности. Затем они перекочевали на страницы интернета. Дальнейшие же публикации ограничивались, в основном, их перепечаткой.

Анализ информации на форумах показал, что среднему пользователю даже с хорошей инженерной подготовкой извлечь что-либо полезное из огромного массива данных, полученных часто из ненадежных источников, затруднительно. Кроме того, подавляющее число участников дискуссии, в том числе и бывшие летчики, свободно оперирующие такими понятиями, как располагаемая перегрузка, нагрузка на крыло, поляра, часто забывают, что в их основе лежат, прежде всего, законы физики, упрощая которые, мы и приходим к некоторым моделям, которые позволяют вводить эти самые понятия. Поэтому, используя формулы, знакомые со студенческой скамьи, необходимо помнить, о границах их применимости.

Сложилось обывательское представление, что самолет, имеющий большую тяговооруженность и меньшую нагрузку на крыло, всегда будет иметь превосходство в бою. Возьмем, к примеру, Су-27УБ и F-15D. Как у них вычислить нагрузку на крыло и тяговооруженность? Кто будет иметь преимущество в ближнем бою? На первый взгляд Игл должен иметь полное превосходство, т.к. у него к началу боя вес 19400 кг, у Су-27УБ - 23100 кг, соответственно тяговооруженность 1,11 и 1,08. Нагрузка на крыло у Су-27УБ - 372 кг/м², у F-15 - 340 кг/м². Нагрузка на плановую поверхность у Су-27УБ - 220 кг/м², у F-15D - 205 кг/м². Но ведь у Су интегральная компоновка и подъемную силу создает и фюзеляж, а у F-15 только крыло. У Су-27 крыло имеет деформированную срединную поверхность, оптимизированную на маневрирование с большими перегрузками. Такое крыло, оборудованное автоматизированной механизацией обладает на маневре в 1,5 раза более высоким аэродинамическим качеством, чем обычное крыло F-15. Таким деталям внимание почти не уделяется, а ведь, это и есть основная задача популярной литературы.

Вместе с тем, уже в 21 веке стали разворачиваться любопытные события, нашедшие свое отражение в специальной литературе. В США было проведено моделирование на полунатурных стендах боев сверхманевренных истребителей против обычных истребителей. Был сделан вывод, что в пяти боях из шести победу одержит сверхманевренный истребитель. На учениях в 2004 г. индийские ВВС буквально разгромили американцев, но те, почему-то хранят по этому поводу олимпийское спокойствие. Затем та же история повторилась с сингапурскими F-16 и снова “молчание ягнят”. В то же время, сами ВВС США проводят учения с участием F-22, на которых те выполняют дальние перехваты целей, наводимые АВАКСАМИ. Результативность, такая же как у индийцев. Желтая пресса иронизирует - может вместо Рэпторов по 5-6 Су-30 у русских прикупить.

Европейцы упорно продвигают вариации на тему аэродинамической схемы “бесхвостка” с дополнительным передним горизонтальным оперением (ПГО) или “утка” с близко расположенным ПГО, а американцы ее окончательно отвергли и представили миру нечто новое.

В общем, явно назрела необходимость заполнить этот пробел и шаг за шагом рассказать, как авиация шла к пятому и шестому поколению, попутно на популярном уровне объясняя физический смысл основных понятий, сравнивая на основе имеющихся научных данных известные самолеты 4-ого и 5-ого поколений, различные аэродинамические схемы. Этому будет посвящена серия статей, открывающаяся материалом о прототипе фирмы Boeing “Bird of Prey”. Автор постарается не повторять всем известных сведений из популярных статей и не пересказывать сайты www.globalsecurity.org, www.fas.org, www.airwar.ru и им подобные.

Ненормальная аэродинамическая схема

У классических летательных аппаратов (ЛА) известно три балансировочные схемы: нормальная, когда стабилизатор располагается позади крыла, “утка”, когда стабилизатор находится впереди крыла, и бесхвостка, когда крыло благодаря специальным S-образным профилям является самобалансирующимся и не нуждается в стабилизаторе. О сравнительных преимуществах и недостатках классических балансировочных схем мы поговорим в другой раз, а сейчас рассмотрим, чем они не устраивают разработчиков самолетов 5-ого и 6-ого поколения.

В 90-е годы американские аэродинамики предложили сразу несколько вариантов изменения нормальной балансировочной схемы с единственной целью - отказаться в чистом виде от вертикального хвостового оперения. Ярким представителем таких аппаратов является “Bird of Prey” (рис.2).



Рис. 2. Boeing "Bird of Prey"

Дело в том, что с одной стороны хвостовое оперение затрудняло задачу создания малозаметного самолета, а с другой при маневрировании на больших углах атаки его эффективность все-равно падала. Следовательно, логично было возложить задачу обеспечения курсовой устойчивости на какие-то другие устройства.

В 1994 г. Макдоннел-Дуглас и Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства (НАСА) начали совместный проект по исследованию истребителей без вертикального оперения. После 28 месяцев исследований была создана масштабная модель (28% реального размера) X-36 [1] рис. 3,4.

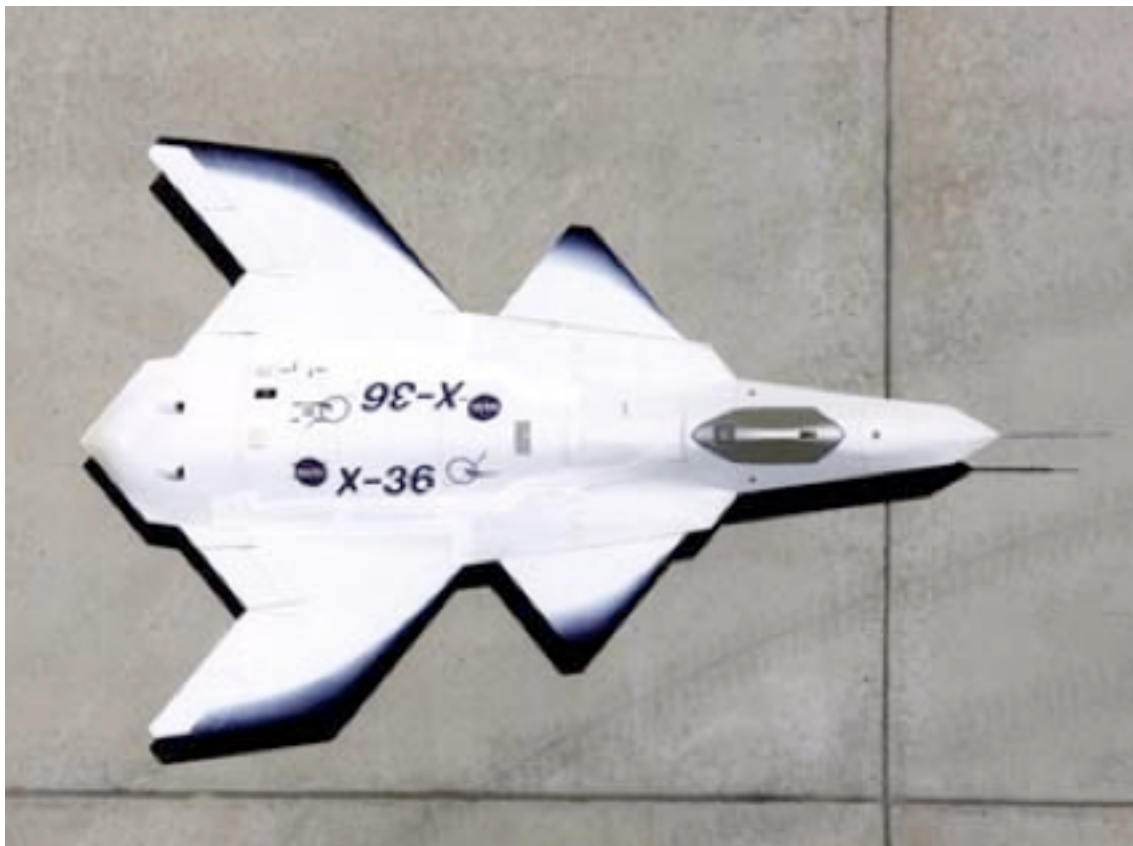


Рис.3. Масштабная модель X-36 прототипа малозаметного дневного ударного истребителя.

Большой угол стреловидности задней кромки позволил использовать расщепляющиеся элероны для управления, как по углу крена, так и по углу направления. Поскольку самолет такой схемы статически неустойчив, как по углу тангажа, так и по углу рыскания, он должен обладать высокой маневренностью. Наличие управляемого вектора тяги (УВТ) позволяет надеяться и на непосредственное управление боковыми силами, что особенно перспективно для ударных самолетов. Все кромки X-36 сориентированы в соответствии с правилами “стелс” в двух направлениях.

Впервые взлетев 17 мая 1997 года X-36 выполнил 31 научно-исследовательский полет. Программа была признана успешной и получила дальнейшее развитие.



Рис. 4. Модель X-36.

Вы не поверите, но это схема “утка”

После слияния Макдонел Дуглас с фирмой Боинг McDonnell Douglas's Phantom Works стало частью Boeing Integrated Defense System. По слухам работы над “хищными птицами” велись с 1992 г. Первый полет "Bird of Prey" выполнил в 1996 г. [2]. А с 1997 года исследования продолжались уже в стенах Боинга. Всего было выполнено 39 полетов или более.

Хотя самолет выглядит весьма экзотически (рис.5), формально он представляет собой летательный аппарат схемы “Утка” и даже не имеет автоматики. Да, да. “Хищная птица” устойчива по всем трем осям и управляется с помощью обычной гидравлической системы. Отчасти это объясняется экономией - на самолете применены компоненты других летательных аппаратов. Отчасти желанием исследовать устойчивость и управляемость нетрадиционной аэродинамической схемы. А она довольно интересна.

Первое, что бросается в глаза - это странные угловатые крылья типа “чайка”, установленные с большим поперечным V. Это обеспечивает самолету автоматическую поперечную устойчивость на дозвуковых скоростях. Отогнутые вниз законцовки, играющие роль вертикального оперения, на сверхзвуковых скоростях компенсируют избыточную поперечную устойчивость. Большой угол стреловидности формирует мощный вихрь вдоль крыла, а под “чайкой” образуется область повышенного давления”. Элероны находятся в зоне действия вихрей от носовой части самолета. Все это повышает аэродинамическое качество и эффективность управления.

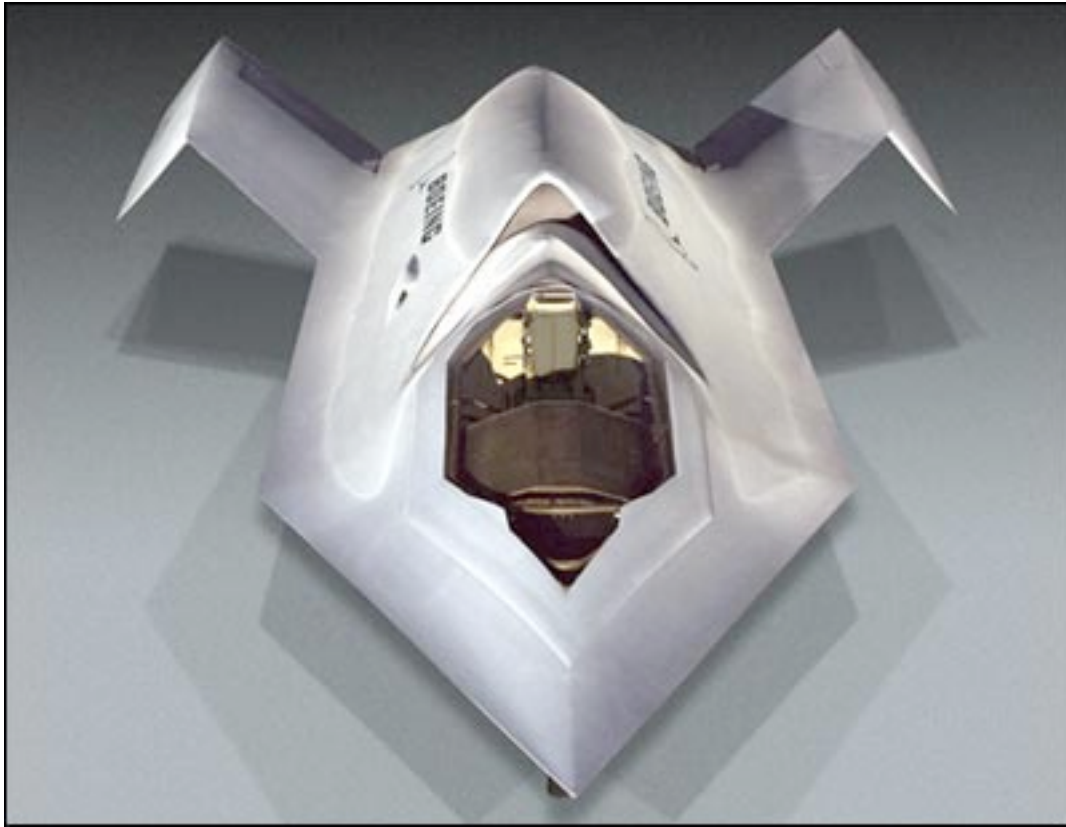


Рис. 5. Boeing "Bird of Prey". Крыло "Чайка".

Внимательное рассмотрение рис.2 и 5 наводит на мысль, что американские конструкторы изучали еще один способ создания подъемной силы. Аэродинамикам известно такое понятие, как волнолет. Это летательный аппарат, крыло которого при сверхзвуковых скоростях напрямую опирается на скачок уплотнения, см. рис.6.

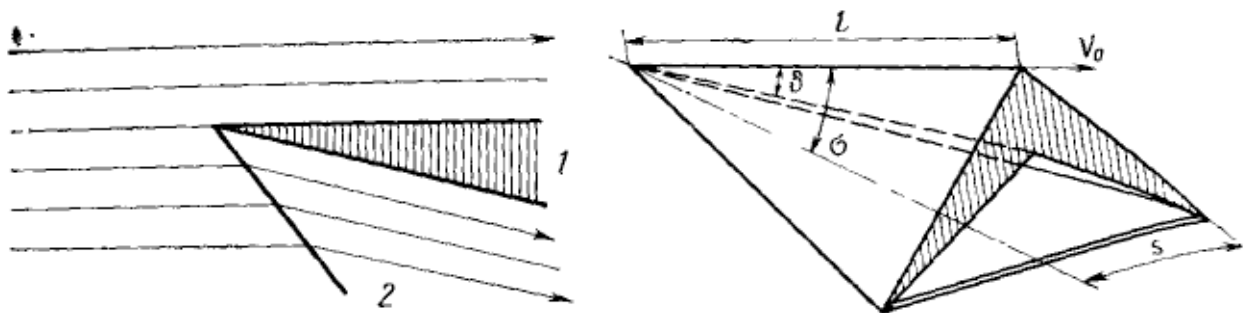


Рис. 6. Принцип действия волнолета. 1-клин, 2-скачок уплотнения, s-половина размаха крыла, l -длина хорды крыла, V_0 -вектор скорости, σ -угол наклона скачка, ϑ - угол разворота потока на скачке.

Крылья волнолетов всегда должны быть треугольными в плане. Однако Тауненд [3] предложил использовать для построения самолетов подобных волнолетам не скачки уплотнения, а изоэнтропические волны Прандтля-Майера, состоящие из бесконечной последовательности слабых волн сжатия. Долгое время из-за того, что такие течения сложнее течений со скачками, т.к. они непрерывны в пространстве, их не удавалось использовать на практике. Однако в последнее время вычислительные методы сделали большой шаг

вперед и это стало возможным. Решая обратную задачу аэродинамики можно получить такую форму Λ - крыла, не треугольного в плане, что его контуры в точности будут соответствовать линиям тока волны сжатия Прандтля - Майера. Крейсерское аэродинамическое качество такого самолета будет очень высоким. Следует отметить, что поскольку эти волны являются изоэнтропическими, то и взаимодействуют они между собой без потерь, т.е. их формой можно управлять.

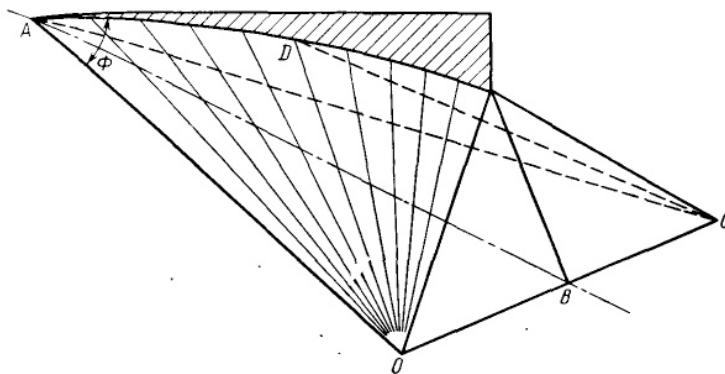


Рис. 6. Поверхность сжатия, образованная волной Прандтля-Майера.

Здесь внимательный читатель должен, наконец, воскликнуть: “Все это очень интересно, но где же у него переднее горизонтальное оперение, если это “Утка”. Здесь выявляется еще одна интересная особенность “Хищной птицы” (рис. 7) - ее фюзеляж имеет отрицательный угол установки и в полете небольшой отрицательный угол атаки, а носовая часть напоминает форму днища спускаемого аппарата космического корабля “Союз”.



Рис. 7. Носовая часть Boeing "Bird of Prey", играющая роль ПГО.

В результате набегающий поток создает в носовой части область повышенного давления и момент на кабрирование. Но здесь нет известной болезни аэродинамической схемы “утка” - так называемой тенденции к “клевку”, когда при превышении допустимого угла атаки срыв потока сначала начинается с ПГО, подъемная сила на нем падает и самолет опускает нос, тем самым еще более увеличивая угол атаки на ПГО. Ведь у “Хищной птицы” нет переднего оперения, а отрыв потока с острой кромки организован изначально.

Новый подход к выживаемости над полем боя

Итак, “Bird of Prey” от Boeing - прототип очень невидимого истребителя или тактического бомбардировщика. Boeing называет новый подход к невидимости “new low-observables technologies”. Он предполагает уход с малых высот на средние и большие, недоступные для малокалиберной артиллерии. Проведение ударных операций предусмотрено не только ночью, но и днем.

Очень интересно расположение воздухозаборника, обычно он(и) располагаются по бокам или под крыльями/фюзеляжем, инженеры Boeing поступили немного по-другому и, как вы можете видеть, расположили воздухозаборник за фонарем кабины. Так менее заметно для РЛС с земли. Для “Bird of Prey” предполагалось разработать радиопоглощающее покрытие, которое способно менять цвет и отражающую способность (см. рис. 8). Следует отметить, что в отличие от концепции фирмы Локхид, Боинг не признает компромиссов. Экстремальная малозаметность сочетается с высокими летными данными, которые явно могут быть достигнуты в перспективе.



Рис. 8. Теперь черный.

Некоторые технические подробности

Экипаж - 1 человек.

Используется схема с одним турбовентиляторным двигателем Pratt & Whitney JT15D-5C.

Длина - 14,3 м.

Размах крыльев 7 м.

Максимальная скорость - 450 - 480 км/ч.

Максимальный потолок - 6100 м.

Boeing использует некоторые элементы Bird of Prey при разработке нового беспилотного летательного аппарата X-45, основными задачами которого являются разведка и нанесение внезапных точечных ударов по наземным объектам противника.

Разработкой Bird of Prey занималось подразделение Boeing по перспективным разработкам, именующееся Phantom Works ("Производство призраков"). Все работы компания вела самостоятельно, а стоимость проекта составила 67 млн. долл. США.

Литература

1. <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/x-36.htm>
2. www.boeing.com/news/releases/2002/q4/nr_021018m.html
3. L.H.Townend. On lifting bodies which contain two-dimensional supersonic flows. RAE R Aero. 2675, 1963, ARC R&M 3383.