48

LOCKHEED MARTIN/BOEING
F-22 „RAPTOR”

Wydawnictwo Militaria

Jacek Nowicki

Lockheed Martin/Boeing
F-22 „Raptor"

Warszawa 1997

Okładka – **Keith Ferris. Reprodukcja obrazu Keitha Ferrisa „The Edge" dzięki uprzejmości Lockheed Martin**
Rysunki – **Andrzej Gabler**
Plansze barwne – **Wiesław Bączkowski**
Opracowanie redakcyjne – **Artur Winiarski**

Zdjęcia/Photo Credits: **USAF**
Lockheed Martin
Pratt & Whitney
General Electric
Northrop Grumman
McDonnell Douglas
EDO Corporation

Autor i Wydawnictwo dziękują przedstawicielstwu firmy Lockheed Martin w Warszawie za szczególną pomoc w zebraniu ilustracji do niniejszej publikacji.

Wszelkie prawa zastrzeżone. Żadna część tej książki nie może być kopiowana w żadnej formie ani żadnymi metodami mechanicznymi, ani elektronicznymi, łącznie z wykorzystaniem systemów przechowywania i odtwarzania informacji bez pisemnej zgody właściciela praw autorskich. Układ graficzny strony tytułowej i liternictwo prawnie zastrzeżone. Znak wydawnictwa i nazwa prawnie zastrzeżona. Nadużywanie będzie karalne sądownie.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechnical, including photocopying, recording or any information storage and retrieval system without written permission from copyright owner.

© Copyright by Wydawnictwo „MILITARIA"®, Warszawa 1997

All rights reserved

Skład i łamanie: *NO FUTURE* – Warszawa, ul. Włoska 1B
Druk i oprawa: *GRAF* 05-800 Pruszków, ul. Armii Krajowej 11

Wydawnictwo **„MILITARIA"®** – 00-961 Warszawa 42 skr. pocz. 106

tel. 41-28-46, 41-67-76, 0 601 21-79-99 fax. 41-16-42, 41-18-23
e mail: militaria@supermedia.pl

ISBN 83-86209-88-7

Sc. by Marko1964

Pierwszy prototyp Lockheed Martin/Boeing YF-22 w locie. *The first Lockheed Martin/Boeing YF-22 prototype in flight* **[Lockheed Martin]**

Zasadniczym celem, dla którego skonstruowano wprowadzany właśnie do produkcji seryjnej samolot F-22 „Raptor" jest zapewnienie siłom zbrojnym USA dominacji w powietrzu w każdym ewentualnym przyszłym konflikcie zbrojnym. Określany jest on mianem Air Dominance Fighter – samolot bojowy dominacji powietrznej. Głównymi wykonawcami płatowca F-22 są dwa działy koncernu Lockheed Martin: LMAS (Lockheed Martin Aeronautical Systems) z siedzibą w Marietta w stanie Georgia oraz LMTAS (Lockheed Martin Tactical Aircraft Systems) z siedzibą w Fort Worth w Teksasie (spadkobierca sprzedanego Lockheedowi działu firmy General Dynamics) oraz firma Boeing Military Airplanes w Seattle w stanie Waszyngton. Producentem silników dla F-22 jest firma Pratt & Whitney z siedzibą w East Hartford w stanie Connecticut.

Według założeń *US Air Force* **F-22** stanowić ma odpowiedź na niebezpieczeństwo jakie dla działań własnych taktycznych samolotów bojowych stwarzają nowoczesne systemy obrony powietrznej państw mogących w najbliższych dziesięcioleciach stać się przeciwnikami Stanów Zjednoczonych w ewentualnym konflikcie zbrojnym. Wielozadaniowy myśliwiec przewagi powietrznej *McDonnell Douglas* **F-15 „Eagle"**, którego następcą stać się ma **F-22**, został wprowadzony do służby w 1975 r. Pochodzący sprzed ponad 20 lat **F-15** już wkrótce nie będzie mógł stawić czoła zagrożeniom jakie stworzyć mogą nowe samoloty *„Made in Russia"*: **Suchoj Su-35** i **Mikojan MiG-1-42 MFI** (ros. *Mnogofunkcjonalnyj Frontowoj Istriebitiel*). Równie niebezpieczne mogą się stać dlań nowe generacje przeciwlotniczych pocisków rakietowych, systemów radiolokacyjnych i systemów wczesnego ostrzegania.

F-22 górować ma nad **F-15** większym zasięgiem, większymi możliwościami systemów ofensywnej i defensywnej awioniki oraz mniejszymi możliwościami wykrycia przez przeciwnika (ang. *stealth*). Konstrukcja nowego samolotu pozwoli na uzyskanie znacznego postępu w podwyższeniu niezawodności i łatowści obsługi naziemnej. **F-22** ma mieć możliwość operowania w obszarze działania należących do przeciwnika najnowocześniejszych, zintegrowanych sieci stacji radiolokacyjnych, nad terenem nasyconym wyrzutniami przeciwlotniczych pocisków rakietowych i stanowiskami przeciwlotniczej artylerii lufowej.

Powodzenie każdej większej lądowo-powietrznej operacji wojskowej zależy w decydującym stopniu od zniszczenia taktycznego lotnictwa przeciwnika i wywalczenia przewagi powietrznej własnych sił lotniczych. Amerykanie uważają, że posiadanie samolotów **F-22** pozwoli im na utrzymanie dominacji powietrznej nad potencjalnym przeciwnikiem w zakresie wcześniejszego wykrycia, użycia broni pokładowej i ostatecznie zestrzelenia wrogiego samolotu (ang. *first-look, first-shot, first-kill capability*).

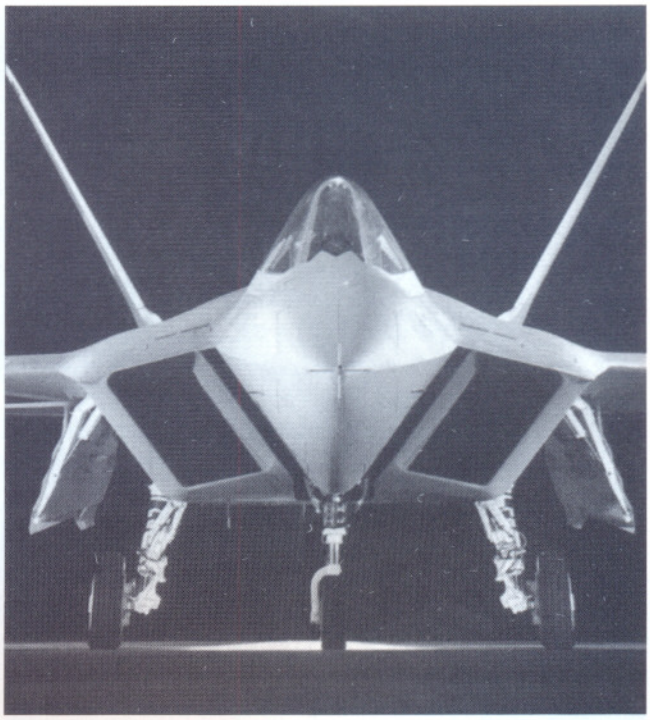
KONKURS ATF

W drugiej połowie lat siedemdziesiątych do uzbrojenia amerykańskiego lotnictwa wojskowego wprowadzono nowe typy samolotów myśliwskich. Generację z okresu wojny w Wietnamie zastąpiły nowe konstrukcje powstałe na bazie wyniesionych z niej doświadczeń. W *US Air Force* były to ciężki, dwusilnikowy myśliwiec **McDonnell Douglas F-15 „Eagle"** i znacznie mniejszy, jednosilnikowy **General Dynamics F-16 „Fighting Falcon"**. Z kolei do lotnictwa pokładowego *US Navy* wprowadzono ciężkie dwusilnikowe, dwumiejscowe myśliwce **Grumman F-14 „Tomcat"**, wyposażone w pociski rakietowe powietrze-powietrze dalekiego zasięgu *„Phoenix"* zdolne jednak również do manewrowej walki powietrznej na małych odległościach. Podobnie jak w *USAF* uzupełniono je drugim typem samolotu: **McDonnell Douglas F/A-18 „Hornet"** przeznaczonym do wykonywania zadań myśliwskich i szturmowych. Na początku lat osiemdziesiątych, gdy w Białym Domu zasiadł republikański prezydent Ronald Reagan, zapanował korzystny klimat dla rozpoczęcia prac nad następcami myśliwców generacji lat siedemdziesiątych.

Nowy program myśliwca przewagi powietrznej dla *USAF*, mającego docelowo stać się następcą dla **F-15**, nazwano skrótem **ATF** (ang. *Advanced Tactical Fighter* – zaawansowany taktyczny samolot bojowy) i dodatkowo oznaczono nazwą kodową **„Senior Sky"**. W listopadzie 1981 roku rozpoczęto realizację programu **ATF** od fazy zapotrzebowania na złożenie informacji technicznych przez amerykańskie firmy lotnicze (RFI – ang. *Request For Information*). Program ten mający trwać ok. 6 miesięcy finansowany był ze środków własnych przemysłu pod patronatem *USAF*.

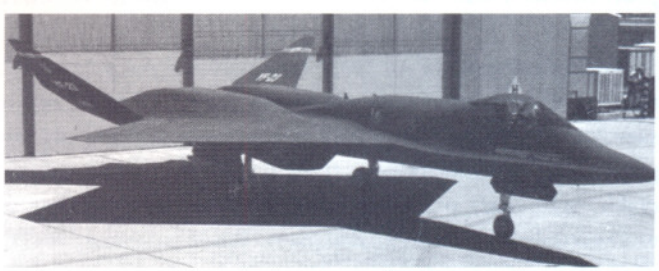
W 1983 roku zorganizowano biuro programu **ATF** *System Program Office* (*SPO*) podlegające Działowi Systemów Lotniczych (*ASD* – ang. *Aeronautical System Division*) mającemu swą siedzibę w bazie lotniczej Wright-Patterson AFB w Dayton w stanie Ohio. Dyrektorem biura *SPO* mianowany został pułkownik (*Col.*) Albert C. Piccirillo. We wrześniu 1983 roku siedem firm płatowcowych: *Boeing, General Dynamics, Grumman, Lockheed, McDonnell Douglas, Northrop* i *Rockwell* otrzymało kontrakty na opracowanie studiów nad koncepcją projektu (ang. *Concept Definition Studies*) przyszłego myśliwca **ATF**.

Również w 1983 roku dwie największe firmy silnikowe amerykańskiego przemysłu lotniczego: *General Electric* i *Pratt & Whitney* rozpoczęły prace nad silnikami dla przyszłych samolotów myśliwskich. W fazie zapotrzebowania na propozycje projektowe *RFP* (ang. *Request For Proposals*) program ten nosił wojskowe oznaczenie *AFE* (ang. *Advanced Fighter Engine*) zmienione na *JAFE* (ang. *Joint Advanced Fighter Engine*) z chwilą przekazania specyfikacji firmom silnikowym w maju 1983 roku. Projekt firmy *General Electric* otrzymał oznaczenie fabryczne *GE 37* natomiast *Pratt & Whitney PW5000*. We wrześniu 1983 roku oba przedsiębiorstwa otrzymały kontrakty po 202 mln. USD na rozpoczęcie prac nad silnikami dla myśliwców **ATF** oznaczonymi *XF119* (*Pratt & Whitney*) oraz *XF120* (*General Electric*). Nowe silniki charakteryzować się miały ciągiem rzędu 35 000 funtów (ok. 155 kN) oraz wyższym niż dotąd stosunkiem siły ciągu do masy (silniki samolotu **F-15** mają ciąg rzędu 25 000 funtów przy podobnej masie własnej). Jednak ich najważniejszą cechą stać się miało umożliwienie wykonywania lotów z naddźwiękową prędkością przelotową bez użycia dopalaczy (ang. *supercruise*). Inną istotną innowacją miało być wprowadzenie ruchomych dysz pozwalających na sterowanie kierunkiem wektora ciągu. W konstrukcji silników postanowiono wprowadzić nowe rozwiązania techniczne w dziedzinie zintegrowanych układów sterowania.



Prototyp Lockheed Martin/Boeing YF-22, widok z przodu. *The Lockheed Martin/Boeing YF-22 – front view* **[Lockheed Martin]**

Do końca 1984 roku udało się sprecyzować podstawowe wymagania dla nowego samolotu. Promień działania bojowego określono na 800 mil (1280 km). Postawiono wymaganie dotyczące wykonywania długotrwałego lotu z naddźwiękową prędkością przelotową rzędu 1,4 – 1,5 Macha bez użycia dopalaczy i rozwijania prędkości maksymalnej rzędu 2,5 Macha. Założono najmniejszą wymaganą długość pasa startowego wynoszącą 2000 stóp (610 m). Maksymalna masa startowa wynieść miała 50 000 funtów (22 680 kg). Cenę za jeden samolot ustalono na poziomie nie wyższym niż 40 milionów USD (wg.



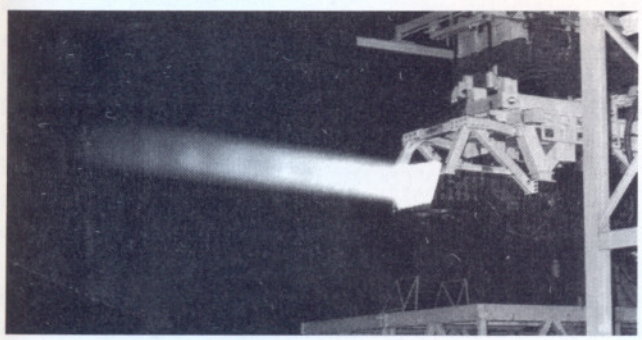
Pierwszy prototyp Northrop/Mc Donnel Douglas YF-23. *the first Northrop/ MDD YF-23 prototype* **[Northrop Grumman]**

cen z 1985 r.). Dodatkowo stwierdzono, że łączne nakłady poniesione na jeden samolot **ATF** w całym okresie jego eksploatacji (ang. *Life-Cycle Cost*), a więc cena jednostkowa samolotu w chwili jego dostawy plus wszystkie zużyte w okresie wieloletniego użytkowania części zamienne, paliwo, smary itp., nie będą większe od analogicznych nakładów dla samolotu **F-15**. Własności eksploatacyjne myśliwca **ATF** miały być znacznie lepsze niż w przypadku **F-15**: czas przygotowania do powtórnego lotu (uzupełnienie paliwa, amunicji do działka, pocisków rakietowych itp.) został zredukowany z 35 do 15 minut przy 2,5-krotnie zmniejszonej liczbie osób obsługi naziemnej.

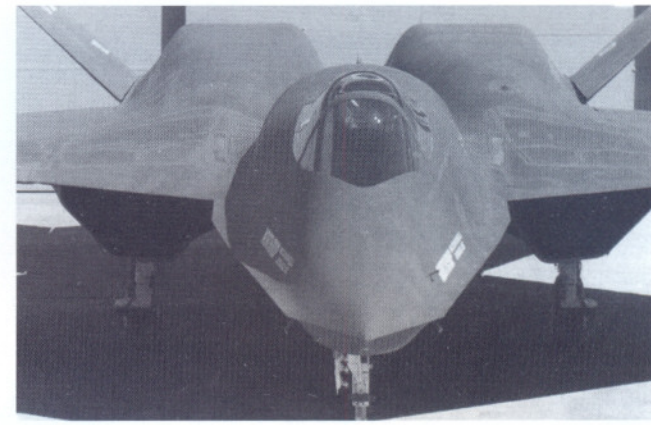
We wrześniu 1985 roku Siły Powietrzne USA rozpoczęły nową fazę programu **ATF** wystosowując formalne zapotrzebowanie na składanie propozycji projektowych (*RFP*) w terminie do stycznia 1986 roku, później przesuniętym na kwiecień tegoż roku. W podanych wymaganiach obniżono cenę jednostkową samolotu z 40 do 35 mln. USD. Cena całego programu **ATF** łącznie z fazą pełnego rozwoju (*FSD* – ang. *Full Scale Development*) nazwaną później fazą rozwoju projektowego i produkcyjnego (*EMD* – ang. *Engineering and Manufacturing Development*) z zakładaną docelowo liczbą 750 wyprodukowanych egzemplarzy osiągnąć miała astronomiczną sumę 65 miliardów USD. W tym okresie Marynarka Wojenna USA pod wpływem nacisków Kongresu oświadczyła, że rozważy możliwość nabycia morskiej wersji myśliwca nazwanej skrótem **NATF** (ang. *Navalized Advanced Tactical Fighter*), która w końcu lat dziewięćdziesiątych mogłaby zastąpić w lotnictwie pokładowym myśliwce **F-14**.

W trakcie realizacji fazy *RFP* z konkursu wycofały się firmy *Grumman* i *Rockwell*. *Grumman* – specjalizujący się w dostawach dla *US Navy* nie miał większych szans w konkursie *USAF* zaś *Rockwell* pochłonięty był w tym czasie problemami związanymi z bombowcem **B-1B**.

W maju 1986 roku sekretarz Sił Powietrznych USA Edward Aldridge ogłosił o postanowieniu dokonania zmian w pierwotnych planach fazy *RFP*. Zadecydowano, że ostateczny wybór przyszłego myśliwca **ATF** nastąpi spośród dwóch konstrukcji prototypowych opracowanych przez konkurencyjne firmy. 28 lipca 1986 roku złożone zostało pięć propozycji projektowych, które w ciągu kolejnych trzech miesięcy poddano szczegółowym analizom w ośrodku *Aeronautical Systems Division*. W ich wyniku specjaliści *US Air Force* orzekli, że najbardziej obiecujące są projekty przedstawione przez *Lockheeda* i *Northropa*, choć również projekty firm *Boeing*,



Silnik General Electric F120 ze stałą dyszą dla YF-23. *The General Electric F120 engine fitted with a fixed nozzle for the YF-23* **[General Electric]**

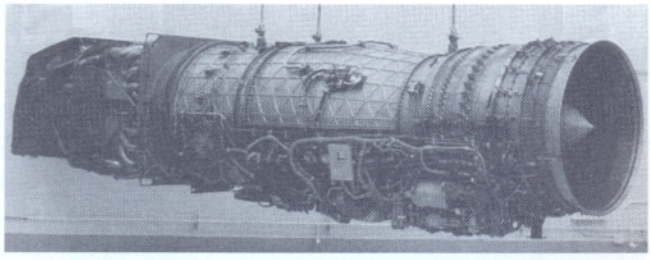


Pierwszy prototyp Northrop/MDD YF-23. Samolot jest jednolicie malowany na kolor ciemnoszary. *The first Northrop/MDD YF-23 prototype* **[Northrop Grumman]**

General Dynamics i *McDonnell Douglas* zawierają interesujące elementy. Każda z firm uczestniczących w tym etapie rywalizacji cieszyła się znakomitą reputacją. *Lockheed* dysponował unikalnymi doświadczeniami zdobytymi przy konstruowaniu pierwszego na świecie samolotu bojowego kategorii *stealth*: **F-117**, będącego jeszcze wówczas jedną z najlepiej strzeżonych tajemnic Pentagonu. *Boeing* mógł się pochwalić osiągnięciami w zakresie integracji systemów elektroniki wojskowej a także osiągnięciami z dziedziny technologii materiałowej wykorzystywanymi m. in. w produkcji ogromnej rodziny samolotów komunikacyjnych. *General Dynamics* był pionierem w zakresie konstruowania systemów sterowania przewodowego (*fly-by-wire*) wprowadzonych do produkcji seryjnej wraz myśliwcem **F-16 „Fighting Falcon"**. *Northrop* wyniósł liczne doświadczenia z programu wielkoseryjnej produkcji myśliwców **F-5** (przeznaczonych głównie na eksport do uboższych sojuszników USA) i skonstruowania w latach osiemdziesiątych bazującego na **F-5** prototypu samolotu myśliwskiego **F-20 „Tigershark"**. Prowadził on również intensywne prace nad technologiami *stealth* wykorzystywanymi w programie „niewidzialnego" bombowca **B-2**. *McDonnell Douglas*, a dokładniej jego dział *McDonnell Aircraft Company* w St. Louis, dysponował ogromną bazą doświadczeń wywodzących się z wielu lat produkcji myśliwców **F-4 „Phantom II"** i **F-15 „Eagle"**.

Z powodu ogromnej złożoności przedsięwzięć związanych ze skonstruowaniem nowego myśliwca naturalnym rozwiązaniem stało się połączenie wysiłków poszczególnych firm. Już w czerwcu 1986 roku przedstawiciele *Lockheeda* rozpoczęli konsultacje z *Boeingiem* i *General Dynamics*. Formalne porozumienie trzech przedsiębiorstw zawarte zostało 13 października 1986 roku. Na swego przedstawiciela przy biurze programu **ATF** zespół *Lockheeda* wyznaczył Shermana Mullina. W końcu października podobne porozumienie zawarły *Northrop* i *McDonnell Douglas*.

31 października 1986 roku ogłoszono wybór dwóch głównych wykonawców – konkurentów w fazie demonstracyjno-zatwierdzającej (*Dem-Val*: ang. *Demonstration-Validation*): zespoły firm utworzone przez *Lockheeda* i *Northropa*. Każdy z zespołów otrzymał kontrakt o wartości 691 milionów dolarów. *US Air Force* przyznały samolotom obu zespołów oficjalne oznaczenia wojskowe: **YF-22** dla konstrukcji zespołu *Lockheeda* i **YF-23** dla kon-



Silnik Pratt & Whitney F119 ze stałą, nieregulowaną dyszą przeznaczony dla YF-23. *Pratt & Whitney F 119 enginewith a nonvectoring nozzle for the YF-23* **[Pratt & Whitney]**

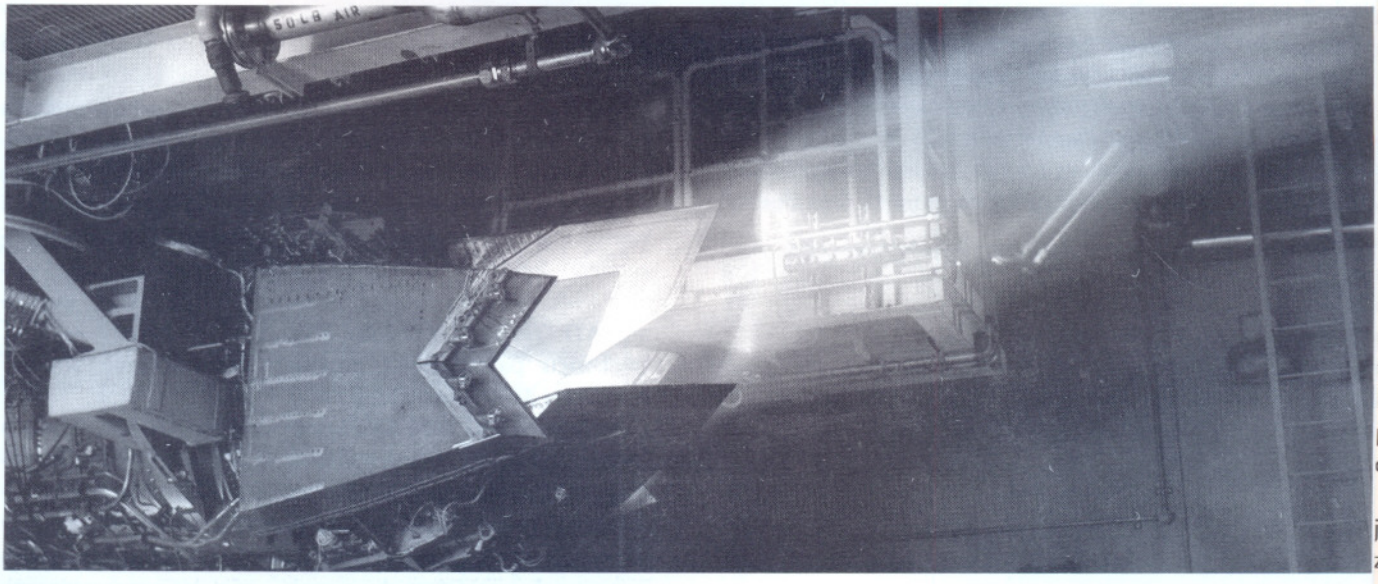
strukcji zespołu *Northropa*. Każdy z obu zespołów otrzymał zadanie zbudowania dwóch prototypów – po jednym z każdym typem silników oraz stanowisk badawczych do prób awioniki. Cztery prototypy myśliwców **ATF** (czyli wszystkie możliwe kombinacje płatowiec-silniki) miały stać się bazą dla wyboru końcowego zwycięzcy: wzorca dla dalszych prac badawczo- rozwojowych i ostatecznie produkcji seryjnej.

W roku 1986, w chwili gdy decydowały się losy producentów płatowców przyszłych myśliwców **ATF**, firmy silnikowe *General Electric* i *Pratt & Whitney* rozpoczynały już pierwsze próby prototypowych silników *YF120* i *YF119* wykonanych w wersjach do prób naziemnych (oznaczonych *XF119* i *XF120*) w ramach programów *PFRT* (ang. *Preliminary Flight Rating Tests*) i *AMT* (ang. *Accelerated Mission Testing*). Trzy lata później, w 1989 roku, gotowe były już silniki w wersjach do prób w locie.

Firma *Pratt & Whitney* już w pierwszej połowie lat osiemdziesiątych doszła do wniosku, że silniki dla myśliwców **ATF** muszą bazować na dojrzałych, dobrze sprawdzonych rozwiązaniach technicznych. Za podstawę do opracowania silnika *YF119* przyjęto wypróbowaną konstrukcję silnika *F100* od dawna używanego w samolotach myśliwskich: dwusilnikowym **F-15** i jednosilnikowym **F-16**. Postanowiono położyć nacisk na uzyskanie jak najprostszej i najmocniejszej budowy dla uzyskania maksimum niezawodności i łatwości obsługi. *YF119* został zaprojektowany jako silnik turbowentylatorowy (turboodrzutowy dwuprzepływowy) charakteryzujący się niskim stopniem dwuprzepływowości. Jego charakterystycznymi elementami są: wentylator z łopatkami o dużej cięciwie, jednostopniowe, przeciwbieżne turbiny niskiego i wysokiego ciśnienia, układ sprężania z wirnikami wyposażonymi w integralne łopatki, dzielona obudowa w części środkowej ułatwiająca obsługę i zewnętrzne agregaty zabudowane głównie w dolnej części silnika dla ułatwienia dostępu do nich przez pokrywy w dolnej części gondoli silnikowej.

Konkurencyjny wobec *YF119* silnik *General Electric F120-GE-100* zaprojektowano od podstaw, specjalnie dla programu **ATF**. Nowatorską cechą silnika *YF120* jest tzw. technika zmiennego obiegu *VCT* (ang. *Variable Cycle Technology*). Najprościej mówiąc silnik taki przy prędkościach naddźwiękowych zachowuje się jak jednoprzepływowy (turboodrzutowy), zaś przy prędkościach poddźwiękowych jak turbowentylatorowy (turboodrzutowy, dwuprzepływowy), co prowadzi do oszczędniejszego zużycia paliwa w porównaniu do konstrukcji klasycznych. Zastosowanie nowoczesnej technologii materiałowej pozwoliło na podwyższenie stosunku ciągu do masy silnika w stopniu nie spotykanym dotąd w silnikach firmy *General Electric*. W konstrukcji *YF120* udało się znacznie zmniejszyć liczbę części. W porównaniu z produkowanym seryjnie silnikiem *F110-GE-100* (instalowanym w **F-16C/D**) ma on o 25 procent mniej części w ogóle i aż o 63 procent mniej części wirujących. Silnik charakteryzuje się wydrążonymi łopatkami wentylatora, przeciwbieżnymi, jednostopniowymi turbinami niskiego i wysokiego ciśnienia bez układu kierownic oraz układem sprężarek z dyskami wirników z integralnymi łopatkami. Zastosowanie techniki zmiennego obiegu, pomimo uzyskania oszczędności paliwa, zmusiło jednak konstruktorów do zwiększenia masy a także podwyższyło złożoność konstrukcji, co z kolei musiało odbić się na wzroście pracochłonności obsługi.

Inżynierowie firmy *Pratt & Whitney* podczas projektowania swego silnika *YF119* doszli do wniosku, że mogą spełnić wymagania stawiane przez program **ATF** bez stosowania techniki zmiennego obiegu. Na decyzję tą wpłynęły m.in. nienajlepsze doświadczenia z silnikami **J58** stosowanymi w samolotach rozpoznawczych **SR-71 „Blackbird"**.



Silnik Pratt & Whitney F119-PW-100 z dyszą o regulowanym kierunku wektora ciągu dla YF-22.. *Pratt & Whitney F119-PW-100 engine with thrust-vectoring nozzle for YF-22 prototype* **[Pratt & Whitney]**

Prototyp Lockheed Martin/Boeing YF-22 w locie próbnym. *The Lockheed Martin/Boeing YF-22 prototype in test flight* **[Lockheed Martin]**

PROTOTYPY YF-22

Samolot **YF-22** (oznaczenie fabryczne **Model 1132**) zaprojektowano w zakładach *Lockheed Aeronautical Systems Company* w Burbank w stanie Kalifornia. Część personelu biorącego udział w projektowaniu **YF-22** przydzielona została z działu *Lockheed Advanced Development Company* (znanego powszechnie pod dawniej nieoficjalną nazwą *„Skunk Works"* – Zakłady Skunksa, która obecnie stała się oficjalna: *Lockheed Martin Skunk Works*). W *„Skunk Works"* pod kierunkiem genialnego konstruktora Clarence L. *„Kelly'ego"* Johnsona od połowy lat czterdziestych w specjalnych warunkach organizacyjnych powstały tak niezwykłe samoloty jak **F-80 (P-80) „Shooting Star", U-2/TR-1, A-12/SR-71 „Blackbird"** i wreszcie słynny „niewidzialny myśliwiec" **F-117**.

Firma *Lockheed* miała oczywiście wiodącą rolę w większości prac nad prototypami **YF-22**. Kierowała ona całością projektu będąc odpowiedzialną za integrację poszczególnych systemów i montaż końcowy samolotów wykonywany w zakładach w Palmdale. Oprócz tego u *Lockheeda* wyprodukowano przednią część kadłuba wraz z kabiną pilota i wlotami powietrza do silników, skrzydłowe klapy noskowe i końcówki skrzydeł, noski i końcówki stateczników pionowych oraz noski stateczników poziomych. *Lockheed* wykonał projekt architektury i schematu funkcjonowania awioniki, opracował system uzbrojenia samolotu, układy prezentacji danych na wyświetlaczach w kabinie pilota, układy sterowania i zbierania danych o parametrach otaczającego powietrza atmosferycznego.

Pierwszy spośród partnerów *Lockheeda* – firma *Boeing* podjęła się produkcji skrzydeł i tylnej części kadłuba, zabudowy zespołu napędowego w płatowcu, integracji pokładowej stacji radiolokacyjnej z awioniką samolotu, opracowania systemu poszukiwania i śledzenia celów w widmie promieniowania podczerwonego. *Boeing* zajął się również przygotowaniem naziemnego laboratorium do prób awioniki samolotu *AGPL* (ang. *Avionics Ground Prototype Laboratory*) oraz latającego laboratorium awioniki na samolocie *AFL* (ang. *Airborne Flying Laboratory*) zabudowanego na samolocie **Boeing 757**.

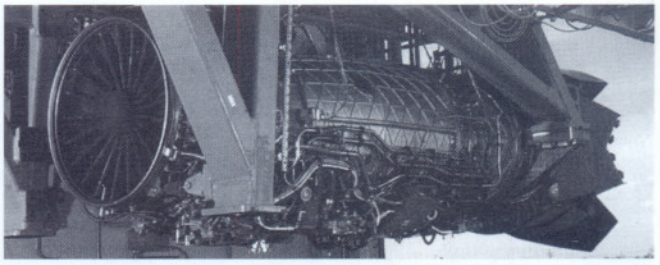
Trzecia z firm budujących **YF-22** – *General Dynamics* wyprodukowała środkową część kadłuba, usterzenie pionowe i poziome. Firma ta zajęła się również zabudową w płatowcu zespołów podwozia, instalacji hydraulicznej, paliwowej, klimatyzacyjnej, układu sterowania i systemów uzbrojenia. *General Dynamics* opracował trzy ważne systemy awioniki: zintegrowany system zarządzania uzbrojeniem *INEWS* (ang. *Integrated Electronic Warfare System*), zintegrowany system awioniki do łączności, nawigacji i identyfikacji *ICNIA* (ang. *Integrated Communications / Navigation / Identification Avionics*) oraz system nawigacji bezwładnościowej *INS* (*Inertial Navigation System*).

Wśród poddostawców trzech firm pracujących nad **YF-22** znalazło się ok. 650 przedsiębiorstw z 32 stanów USA a także pojedyncze firmy zagraniczne (np. z Wielkiej Brytanii).

Dwie generacje samolotów typu stealth Lockheed F-117 (po lewej) i Lockheed Martin/Boeing YF-22, Skunk Works, Palmdale. *Two generations of stealth aircraft, two Skunk Works designs line up at Palmdale, Lockeed F-117 (left) and Lockheed Martin/Boeing YF-22 (right)* **[Lockheed Martin]**

Podczas realizacji budowy prototypów **YF-22** i **YF-23** oba konkurencyjne zespoły zdecydowały się na podniesienie limitu maksymalnej masy startowej z pierwotnie planowanych 50 tys. funtów (22 680 kg) do 55 tys. funtów (24 948 kg). Drugą istotną zmianą wprowadzoną zarówno w zespole *Lockheeda* jak i *Northropa* było zrezygnowanie z odwracaczy ciągu silników, wymaganych w pierwotnej specyfikacji dla myśliwców **ATF**. Zadecydowały o tym takie czynniki jak spodziewany zbyt duży wzrost masy zespołu napędowego, wysoki koszt, kłopotliwa obsługa techniczna, negatywny wpływ na stateczność kierunkową samolotu przy włączeniu odwracaczy w locie i problemy z chłodzeniem elementów odwracaczy ciągu. Zarówno zespół *Lockheeda* jak i *Northropa* zdecydowały się umieścić całe uzbrojenie rakietowe w komorach wewnętrznych, co jest rozwiązaniem charakterystycznym dla samolotów *stealth*. Podobnie zrezygnowano z podwieszanych dodatkowych zbiorników paliwa.

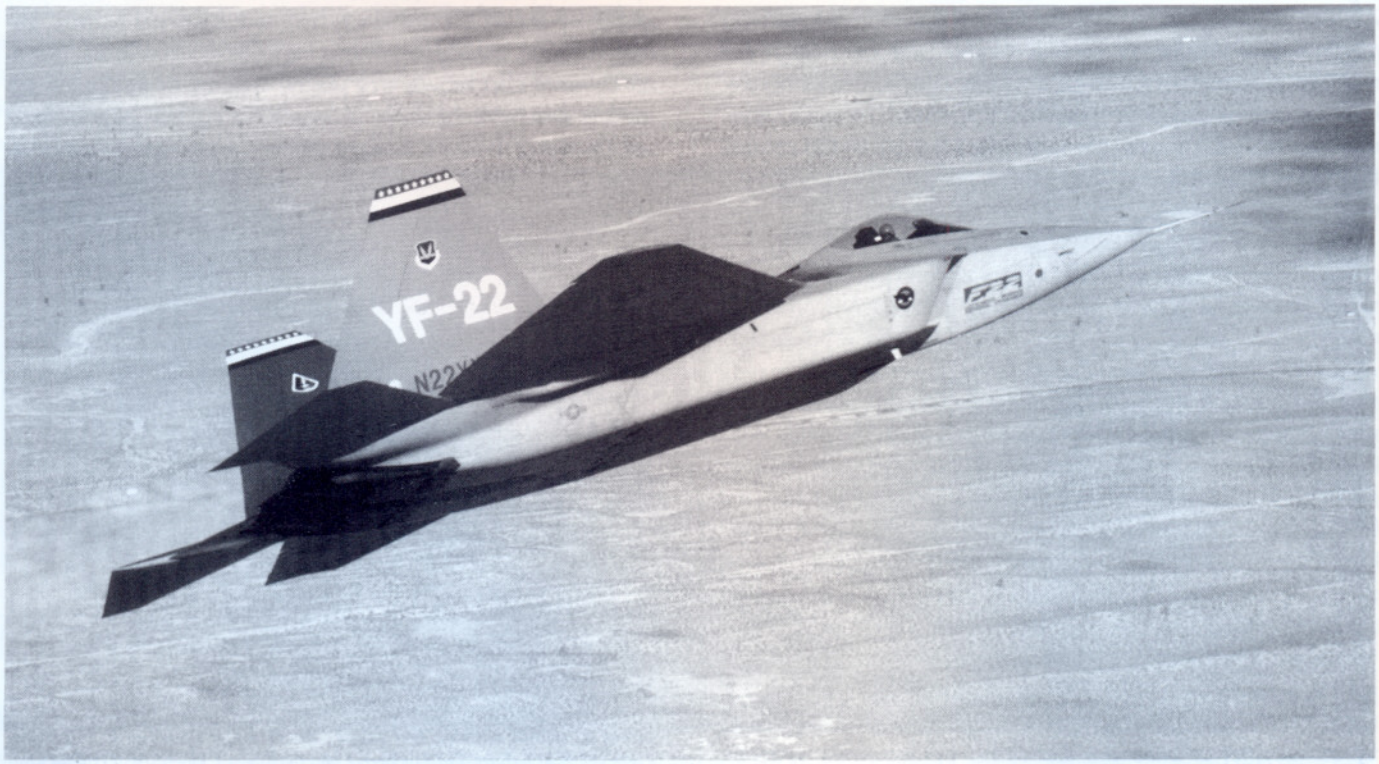
W 1988 roku zapadła decyzja o pzwiększeniu ciągu silników przewidzianych do zastosowania w seryjnych myśliwcach **ATF,** co wynikało z podniesienia limitu masy samolotów przez producentów płatowców. *General Electric* zdecydował się w tej sytuacji na przeprojektowanie silnika tak, aby prototypowy *YF120* był w jak największym stopniu zbliżony do ewentualnego seryjnego *F120*. *Pratt & Whitney* postąpił inaczej. Zdecydowano się nie zmieniać konstrukcji prototypowego silnika (którego budowa była już zaawansowana), przyjmując że siłom powietrznym chodzi przede wszystkim o zademonstrowanie możliwości technologicznych danej firmy, które docelowo (w produkcji seryjnej) pozwolą na spełnienie wymagań stawianych samolotom **ATF**. Przyjęto wówczas, że po ewentualnym wyborze silnika *YF119* zostanie on odpowiednio przekonstruowany poprzez zwiększenie średnicy



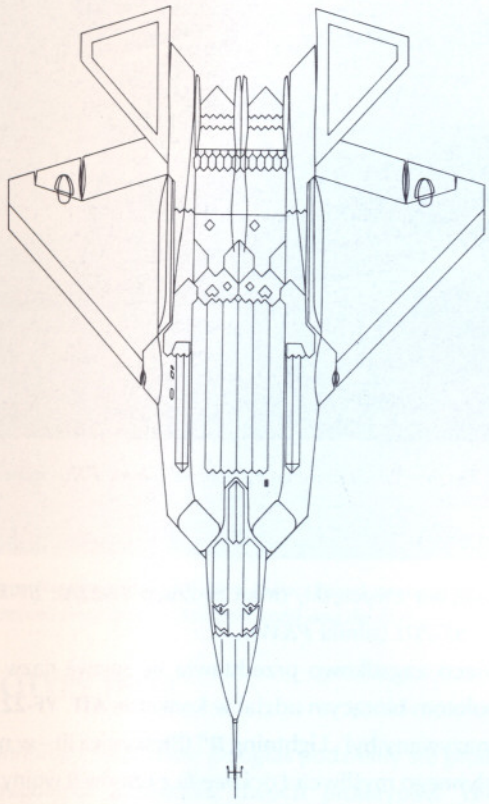
Silnik Pratt & Whitney F119-PW-100. *Pratt & Whitney F119-PW-100 engine* **[Pratt & Whitney]**

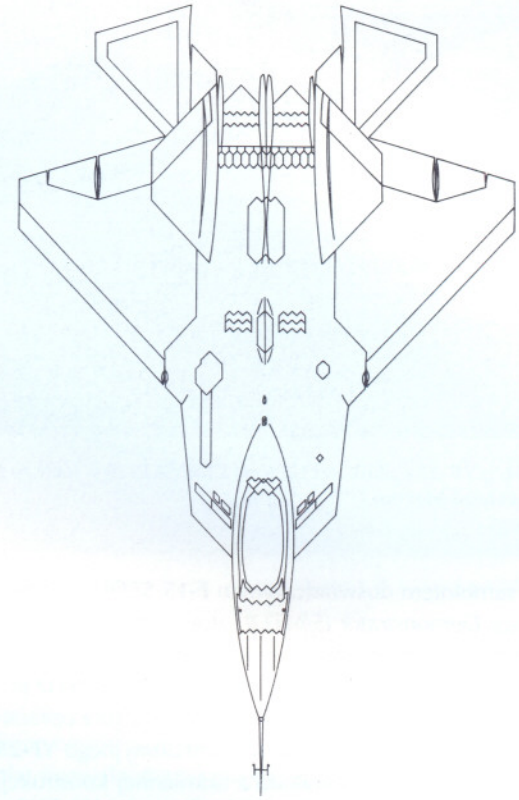
wentylatora, co przy niewielkim ryzyku technicznym pozwoli na uzyskanie żądanego zwiększenia siły ciągu. Kontynuowano przygotowanie silników *YF119* dla prototypów **YF-22** i **YF-23** według niezmienionego projektu, a jednocześnie podjęto prace nad nowym, większym wentylatorem przewidzianym do użycia w produkcji seryjnej. Na początku 1990 r. wentylator poddano badaniom na stanowisku badań sprężarek w bazie Wright-Patterson *AFB* w stanie Ohio. W końcu 1990 r. wykonano próby silnika z nowym wentylatorem w ośrodku badawczym firmy *Pratt & Whitney* w West Palm Beach na Florydzie uzyskując 20-procentowy wzrost ciągu.

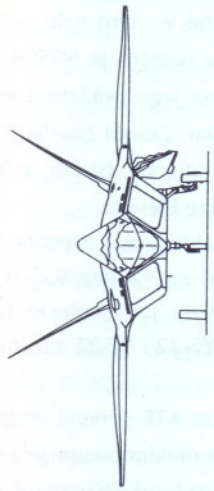
Do chwili rozpoczęcia prób w locie wykonano 3000 godzin prób naziemnych silników *Pratt & Whitney F119*, w tym 1500 godzin z dyszami o regulowanym kierunku wektora ciągu. Dla **YF-22** opracowano regulowane dysze dostosowane do wymagań aerodynamiki samolotu i jego zamierzonych charakterystyk niskiej obserwowalności. Dysze w silniku *F119* w wersji dla **YF-22** odchylają się o kąt +/- 20 stopni w górę i w dół poruszane siłownikami hydraulicznymi. Dysze te powstały na bazie do-

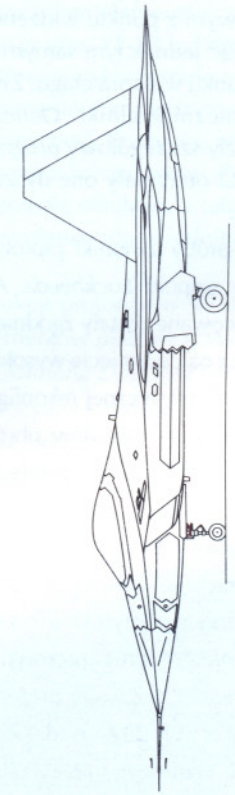


Drugi prototyp Lockheed Martin/Boeing YF-22 w locie. *The second Lockheed Martin/Boeing YF-22 prototype in flight* **[Lockheed Martin]**









YF-22 1:144

Pierwszy prototyp YF-22 z silnikami General Electric F120 w locie nad Kalifornią. *The first YF-22 powered by General Electric F120 engines flying over California* **[Lockheed Martin]**

świadczeń z samolotem doświadczalnym **F-15 STOL** / *Maneuver Technology Demonstrator (S/MTD)* i stanowiły jeden z kluczowych elementów decydujących o doskonałej zwrotności **YF-22A**. Wykorzystanie doświadczeń z programu **F-15 S/MTD** pozwoliło na znaczne zmniejszenie ryzyka związanego z opracowaniem ruchomych dysz. W wersji dla konkurenyjnego **YF-23** zastosowano dysze stałe co wynikało z odmiennej konstrukcji płatowca. W prototypach zespołu *Northropa* dysze silników osłonięto całkowicie od spodu, zabezpieczając przed obserwacją czujników podczerwieni w dolnej półsferze (co było rozwiązaniem bardzo wartościowym z punktu widzenia charakterystyk *stealth*), uniemożliwiając jednak tym samym zastosowanie dysz o regulowanym kierunku wektora ciągu. Znacznie bardziej zaawansowane technicznie silniki *General Electric YF120-GE-100* również przeszły szczegółowy program prób naziemnych. W wersji dla **YF-22** otrzymały one dysze regulowane, zaś dla **YF-23** dysze stałe.

Opracowanie, integracja i próby awioniki prototypów **YF-22** stanowiły wielkie osiągnięcie zespołu *Lockheeda*. Architektura, sprzęt i oprogramowanie opracowane zostały zgodnie z tzw. koncepcją *Pave Pillar*, pozwalającą na osiągnięcie wysokiej odporności na uszkodzenia i możliwości elastycznej rekonfiguracji systemu dzięki zastosowaniu wspólnych modułów obróbki danych i szybkich szyn transmisji danych. Oprogramowanie awioniki **YF-22** napisane zostało w języku Ada i liczy 800 tysięcy linii.

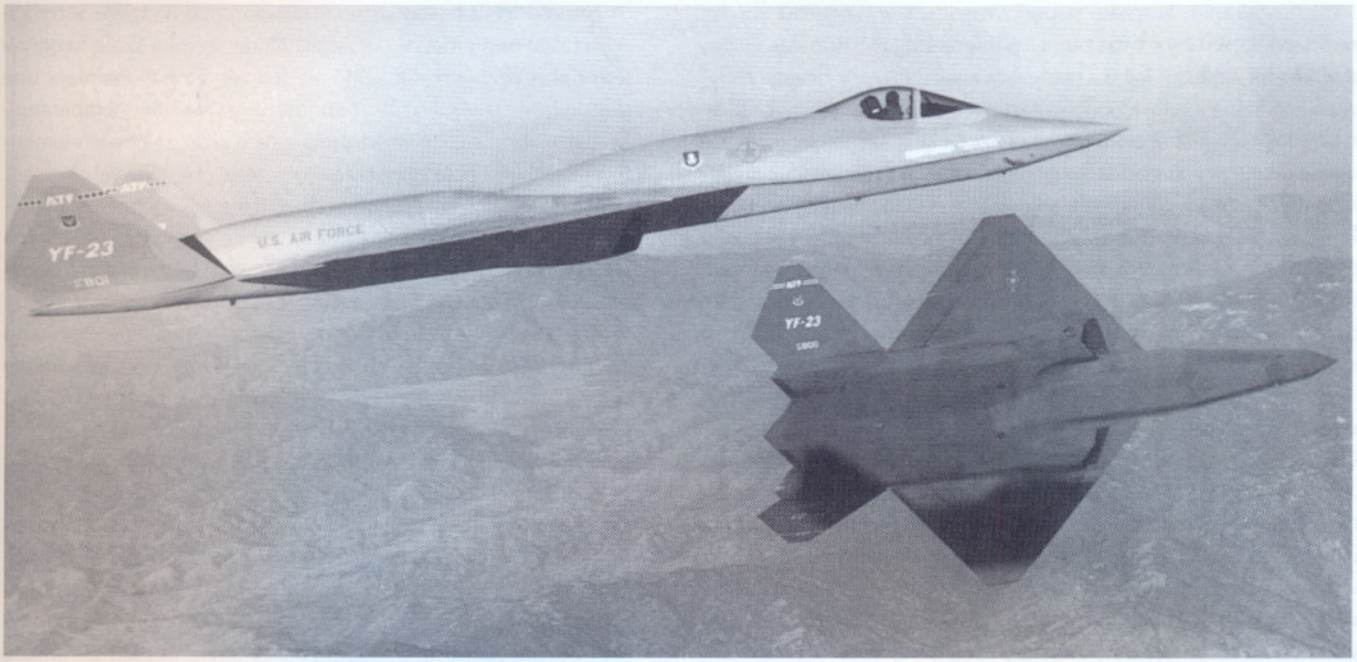
Prototypy **Lockheed / Boeing / General Dynamics YF-22A** otrzymały oznaczenia rejestracyjne cywilnych amerykańskich statków powietrznych. Pierwszy prototyp (z silnikami *General Electric*) otrzymał rejestrację *N22YF*, drugi prototyp (z silnikami *Pratt & Whitney*) rejestrację *N22YX*. Z kolei prototypom **Northrop / McDonnell Douglas YF-23A** nadano rejestracje *N231YF* (z silnikami *Pratt & Whitney*) i *N232YF* (z silnikami *General Electric*). Prototypom zespołu *Lockheeda* nadano numery seryjne *US Air Force* (nie namalowane na samolotach podczas programu konkursowych prób w locie, ale naniesione później na zwycięski, drugi prototyp **YF-22A**): *87-700* (silniki *GE*) i *87-701* (silniki *P&W*).

Nieco zagadkowo przedstawia się sprawa nazw nadanych samolotom biorącym udział w konkursie **ATF**. **YF-22** początkowo nazywany był **„Lightning II"** (Błyskawica II) – w nawiązaniu do słynnego myśliwca *Lockheeda* z czasów II wojny światowej **P-38 „Lightning"**. Później pojawiła się nazwa **„Superstar"**, rzekomo oficjalnie nadana w dniu 20 listopada 1991 r. – wkrótce jednak odrzucona.

Równolegle z pracami nad prototypami **YF-22** i **YF-23** oba zespoły zbudowały na bazie samolotów komunikacyjnych latające stanowiska prób awioniki przeznaczonej dla przyszłych myśliwców **ATF**. Zespół *Lockheed / Boeing / General Dynamics* wykorzystał w tym celu prototyp samolot **Boeing 757** noszący cywilną rejestrację *N757A*. Pierwsze próby w locie zainstalowanej na jego pokładzie awioniki **YF-22** odbyły się 17 lipca 1989 roku. Zespół *Northrop / McDonnell Douglas* zmodyfikował na potrzeby badań awioniki **YF-23** samolot **British Aerospace One Eleven.**

11 października 1989 roku zapadła decyzja o wydłużeniu fazy demonstracyjno-zatwierdzającej o sześć miesięcy. Decyzja ta spowodowała przesunięcie terminów rozpoczęcia prób z prototypami **YF-22 i YF-23** z pierwszej na drugą połowę 1990 roku.

Dyrektor programu **ATF** generał brygady (*Brigade General*) James Fain był zwolennikiem utajnienia możliwie jak największej części prac prowadzonych przez oba zespoły firm. Do prasy nie przenikały żadne informacje na temat wyglądu samolotów **YF-22** i **YF-23**. Pierwsze rysunki myśliwców **ATF** przekazano mediom dopiero w maju 1990 roku. W czerwcu 1991 roku podczas tzw. „tygodnia *stealth*" pierwszy prototyp **YF-22A** zaprezentowano obok bombowca **Northrop B-2A** w bazie lotniczej Andrews *AFB* w stanie Maryland.



Dwa prototypy Northrop/MDD YF-23 w locie. Drugi prototyp (jasnoszary) i pierwszy prototyp (w tle - ciemnoszary). *Two Northrop/MDD YF-23 prototypes: the second prototype (painted light grey) and the first (in the background - painted dark grey)* **[Northrop Grumman]**

PROTOTYPY YF-23

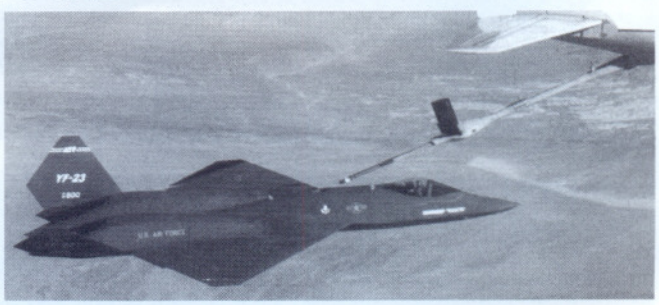
Firmy *Northrop* i *McDonnell Douglas* podzieliły się produkcją poszczególnych elementów dwóch prototypów **YF-23**, konkurencyjnych wobec **YF-22.** *Northrop* był odpowiedzialny za końcowy montaż i integrację systemów samolotów, produkcję tylnej części kadłuba i usterzenia ogonowego, defensywnych (obronnych) systemów awioniki oraz układu sterowania. *McDonnell Douglas* wyprodukował przednią i środkową część kadłuba, skrzydła, podwozie, instalację paliwową, systemy obsługi uzbrojenia, ofensywne systemy awioniki oraz urządzenia kontrolno-pomiarowe i wyświetlacze elektroniczne do kabiny pilota. Sama kabina i zagadnienie współdziałania pilota z urządzeniami samolotu stały się przedmiotem prac zespołu złożonego ze specjalistów z obu firm.

Podział produkcji kompozytowych elementów płatowca był podobny, jak w przypadku produkowanego seryjnie od 13 lat samolotu myśliwskiego **F/A-18 „Hornet"**, w przypadku którego jednak za końcowy montaż odpowiada *McDonnell Douglas*. *Northrop* w projektowaniu kompozytowych elementów **YF-23** wykorzystał swoje doświadczenia sięgające 1969 roku, gdy rozpoczął on instalowanie kompozytowych stateczników poziomych i pokryw obsługowych w myśliwcach **F-5**. W latach siedemdziesiątych *Northrop* opracował liczne elementy z kompozytów dla **YF-17** (konkurent **YF-16** w konkursie **LWF**), a w latach osiemdziesiątych zdobył nowe doświadczenia produkując elementy płatowców **F/A-18** w otwartych w 1979 roku zakładach wytwarzania części kompozytowych w Los Angeles, a także przy produkcji bombowców **B-2** (od 1985 roku) w zakładach w Pico Rivera w Kalifornii.

Przy produkcji elementów **YF-23** zastosowano zarówno klasyczną już metodę elektroformowania, jak i opracowaną przez firmę *Northrop* metodę komputerowego wspomagania trasowania, pozwalającą na projektowanie elementów w 3 wymiarach – *NCL* (*Northrop Computer Aided Lofting*). *System NCAL* pozwala projektantowi na opracowywanie numerycznych programów sterujących dla obrabiania w 5 osiach na maszynach do obróbki skrawaniem elementów z aluminium, stali lub też monolitycznego grafitu. **YF-23** był drugim po **B-2** samolotem, przy produkcji którego wykorzystano technologię *NCAL*.

Udział elementów kompozytowych w konstrukcji płatowca **YF-23** jest ogromny. Poszycie, górne podłużnice i większość wręg wykonano z kompozytów. Z tytanu wykonano wręgi unoszące zawieszenie silników, a także dolne podłużnice – głównie dla zapewnienia odpowiedniej sztywności całego płatowca na ziemi.

W konstrukcji prototypów **YF-23** z kompozytów wykonano ok. 30% elementów płatowca. Według ocen inżynierów *Northropa* i *McDonnella Douglasa* przy produkcji seryjnej zastosowanie kompozytów mogłoby dojść nawet do 45-50%. Warto tu zauważyć, że udział materiałów kompozytowych w konstrukcji **F-15 „Eagle"** wynosi zaledwie 2,2%, a w **F/A-18 „Hornet"** 9,9%.



Tankowanie w locie pierwszego prototypu Northrop/MDD YF-23. *In-flight refuelling of the first YF-23 prototype* **[NorthropGrumman]**

Zastosowanie zespołu napędowego pozwalającego na lot naddźwiękowy bez włączania „paliwożernych" dopalaczy pozwoliło na szybszy lot do strefy bojowej i dłuższy czas przebywania w tejże strefie w porównaniu ze współczesnymi myśliwcami. Krótszy jest również czas przebywania samolotu w strefie ognia rakietowych pocisków przeciwlotniczych (ziemia-powietrze) przeciwnika. Wykonywanie lotów z naddźwiękową prędkością przelotową bez użycia dopalaczy pozwoliło na blisko dwukrotne wydłużenie zasięgu **YF-23** w porównaniu do **F-15**. Równocześnie postawiło to przed konstruktorami surowe wymagania dotyczące wysokiej wartości stosunku ciągu do masy samolotu oraz jak najmniejszego oporu aerodynamicznego.

Mogłoby się wydawać, że ciepło wydzielające się na powierzchni płatowca w czasie długotrwałego lotu naddźwiękowego może stanowić zagrożenie dla powszechnie występujących w konstrukcji materiałów kompozytowych. Jednakże jak twierdzą konstruktorzy w **YF-23** ciepło pochodzące od tarcia cząsteczek powietrza stwarzało mniejsze problemy od... wewnętrznych źródeł ciepła – głównie silników turboodrzutowych, które z różnych względów (głównie dla zachowania reguł technologii *stealth*) musiały zostać ukryte głębiej wewnątrz konstrukcji płatowca niż w samolotach budowanych dotąd.

Wymagania związane z wysoką temperaturą zwróciły uwagę konstruktorów **YF-23** na żywice bismaleimidowe, które utwardzane są w temperaturze 177°C. Temperatury robocze dla kompozytów wykonanych z wykorzystaniem tych żywic osiągają 190°C, co jest całkowicie wystarczające nawet w tak bardzo nagrzewających się od tarcia powietrza miejscach konstrukcji, jak ostre krawędzie na nosie kadłuba przechodzące dalej w krawędzie natarcia skrzydeł. Wadą żywic bismaleimidowych jest ich podatność na korozję galwaniczną w obecności aluminium, paliwa lotniczego i wody. Na szczęście zbiorniki paliwa rozmieszczono w mniej nagrzewających się miejscach płatowca, gdzie z powodzeniem można było zastosować żywice epoksydowe. Części kompozytowe sąsiadujące z bardziej nagrzewającymi się miejscami w pobliżu silników wykonano na bazie poliamidu.

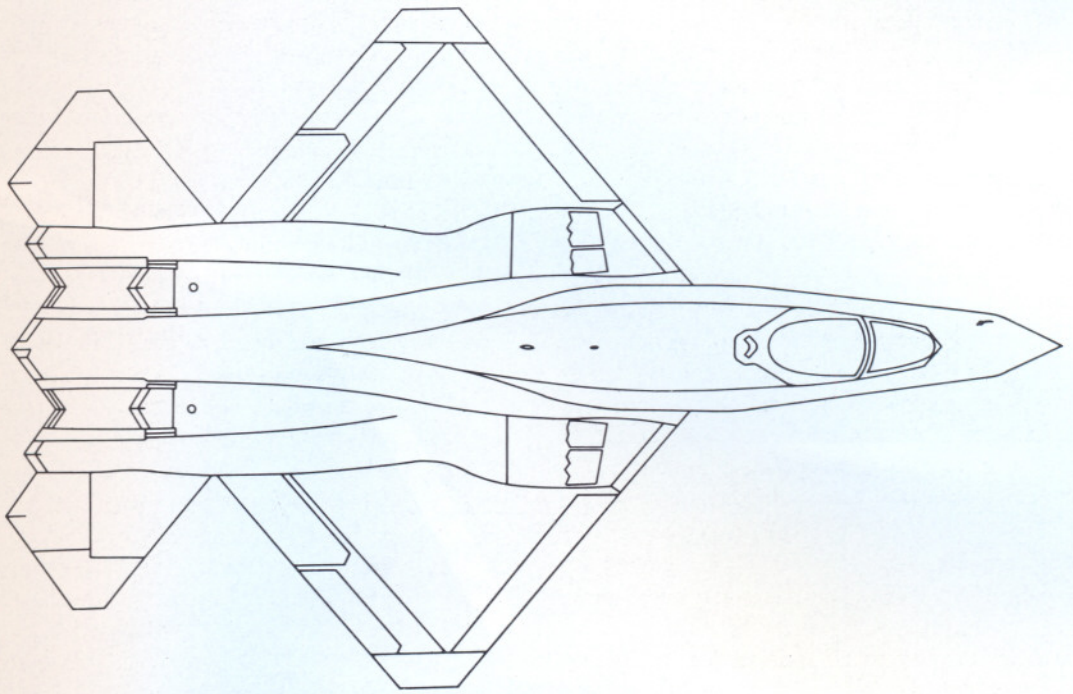
Twórcy **YF-23** wiązali początkowo duże nadzieje z możliwością ewentualnego zastosowania na szeroką skalę tworzyw termoplastycznych. Okazało się jednak, że nie spełniają one postawionych wymogów odporności na wysokie temperatury i ograniczono się do wykonania z nich kilku zaledwie elementów – głównie pokryw włazów otworów obsługowych.

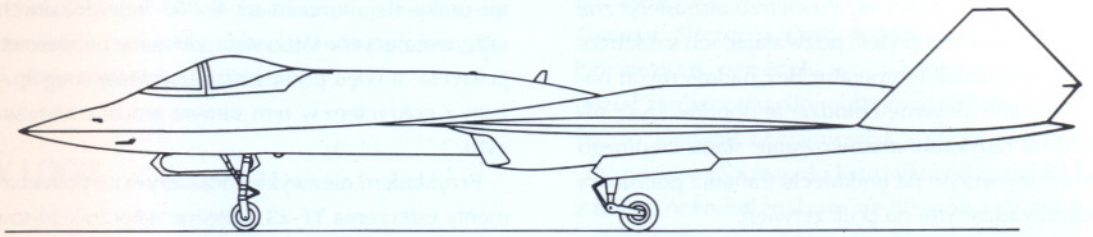
Materiały kompozytowe wzmacniane włóknami zostały zastosowane w podobny sposób, jak w innych budowanych współcześnie płatowcach. Kompozyty z włóknami węglowymi *Hercules AS4* i *IM7* użyto w miejscach wymagających poprawy sztywności konstrukcji. Poszycie nosa samolotu wykonano z kompozytu z włóknami szklanymi – głównie dla zapewnienia odpowiednich własności dielektrycznych osłony anteny radaru pokładowego, ale również dlatego, że kompozyt szklany jest bardziej miękki od ostrych krawędzi biegnących od dziobu w kierunku skrzydeł wykonanych ze wspomnianego już kompozytu bismaleimidowego wzmocnionego włóknami grafitowymi. Elementy z kompozytu szklanego łatwiej odkształcają się i rozładowują naprężenia powstające w strukturze kompozytu grafitowego. Segmenty poszycia wykonane z kompozytów zaopatrzone są w integralne ekrany z miedzi, chroniące wnętrze samolotu przed skutkami uderzenia pioruna.

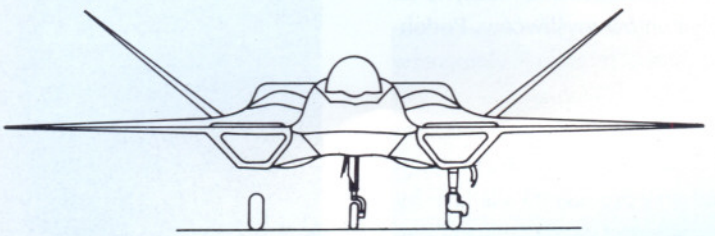
Przezroczysta osłona kabiny **YF-23** wykonana została przez firmę *PPG Industries* z Huntsville w Alabamie. Osłona ma strukturę przekładkową (*sandwich*). Zewnętrzną warstwę tworzy hartowane chemicznie szkło *Herculite II*, laminowane od wewnątrz warstwą silikonową, pod którą dopiero znajduje się poliwęglanowy rdzeń osłony. Całość pokryta jest warstewką tlenków indu i cyny odbijającą promieniowanie radarowe (mikrofale).

Niewielka część pokrycia samolotu wykonana jest z metalu. W tylnej części kadłuba w sąsiedztwie silników zastosowano blachę tytanową. Okolice wylotu gazów z dysz silników zabezpieczone są powłoką z płytek firmy *Allison Lamiloy* wykorzystujących zjawisko tzw. chłodzenia transpiracyjnego. Ich łączna powierzchnia wynosi 6,7 m^2. Płytki mają konstrukcję przekładkową. Wykonane są ze specjalnego gatunku stali, a ich powierzchnia pokryta jest otworkami wytrawionymi metodą elek-

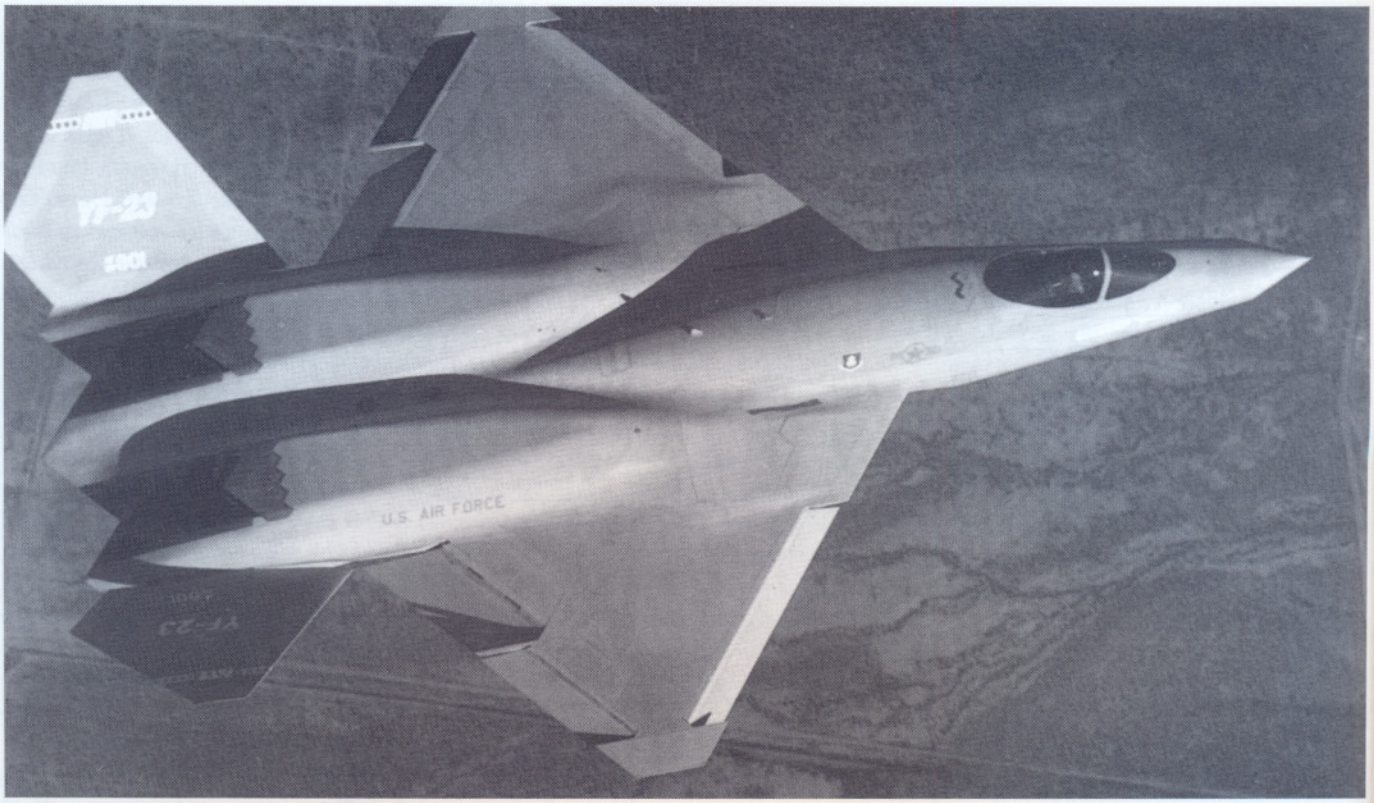
Lądowanie pierwszego prototypu Northrop/MDD YF-23 na pasie bazy Edwards. *Landing of the first YF-23 on the Edwards AFB runway* **[Mc Donnel l Douglas]**







YF-23 1:144



Drugi prototyp Northrop/MDD YF-23 napędzany silnikami General Electric. *The second Northrop/MDD YF-23 prototype powered by General Electric engines* **[Northrop Grumman]**

trochemiczną, służącymi zapewnieniu przenikalności ciepła między poszczególnymi warstwami. Powietrze atmosferyczne przepływa między warstwami płytek, pozwalając ich strukturze wytrzymać ogromną różnicę temperatur bez nadmiernych naprężeń. Tak rozwiązane aktywne chłodzenie obudów dysz silników pozwoliło na radykalne zredukowanie śladu cieplnego samolotu, co ma duży wpływ na uniknięcie trafienia pociskami rakietowymi naprowadzanymi na podczerwień.

Konstruktorzy firmy *Northrop* doszli do wniosku, że automatyczne urządzenia do produkcji dużych elementów kompozytowych bombowców **B-2** i samolotów cywilnych znajdą niewielkie zastosowanie przy produkcji płatowca **YF-23**, głównie ze względu na zbyt małą dokładność rozłożenia masy. W zakładach *Northropa* w Los Angeles z pomocą firm *McDonnell Douglas* i *Hercules* uruchomiono doświadczalną maszynę do wytwarzania superdokładnych elementów myśliwców. Podobne urządzenia uruchomiły dla potrzeb produkcji elementów **YF-23** firmy *Cincinnati Milacorn* i *Morton Thiokol*.

Produkcja elementów o łagodnych krzywiznach i o doskonałej gładkości wymagała zapożyczenia technologii form wklęsłych stosowanej dotąd przy produkcji kadłubów łodzi. Kształty takie zostały narzucone przez wymagania technologii *stealth*.

Produkcja dużych elementów pokrycia oznacza, że jest ich mniej, podobnie jak mniej jest elementów łączących i nieciągłości w konstrukcji. Podczas produkcji **YF-23** 7 dużych segmentów pokrycia ogonowej części kadłuba połączono w jedną o wymiarach 3x4,5 m, której masa okazała się aż o 20% mniejsza od analogicznego elementu wykonanego klasyczną technologią ze stopów aluminium. Przy zastosowaniu tej technologii unika się montażu aż 8 000 indywidualnych elementów usztywniających. Wszystkie elementy po wewnętrznej stronie pokrycia, a więc podłużnice, fragmenty wręg itp. powstają razem z pokryciem w tym samym procesie formowania kompozytu.

Przykładem niezwykłej dokładności wykonania stały się elementy usterzenia **YF-23**: potężne stateczniki płytowe (obracane w całości) tworzące usterzenie motylkowe samolotu mają powierzchnię większą niż całe skrzydła myśliwca **F-5**. Pokrycie statecznika składa się z pojedynczego segmentu górnego i dwóch segmentów dolnych. 60% powierzchni statecznikow zostało sklejonych klejem *American Cyanamid FM300*. Jak

Pierwszy prototyp YF-23 napędzany silnikami Pratt & Whitney. *The first YF-23 prototype powered by Pratt & Whitney engines* **[Northrop Grumman]**

twierdzą specjaliści *Northropa* jest to najbardziej agresywny klej stosowany kiedykolwiek w tych zakładach. Po próbach nie znaleziono najmniejszego nawet rozwarstwienia sklejonych części, a tolerancja montażu wyniosła zaledwie ±0,003 cala (0,0762 mm).

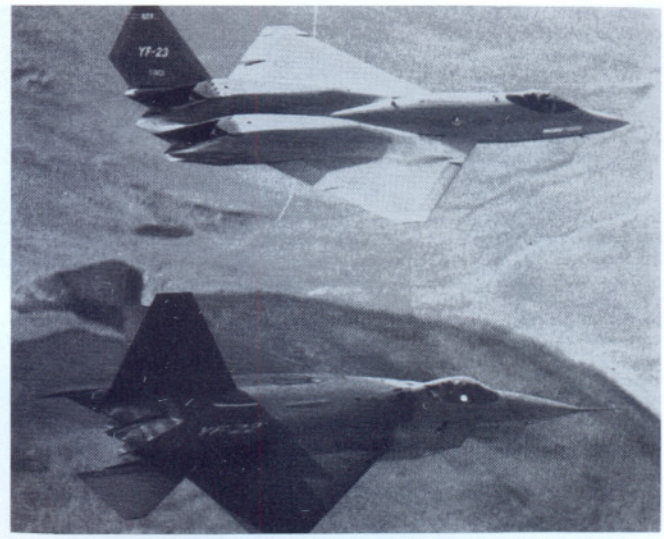
Począwszy od 17 lipca 1989 roku rozpoczęły się próby poszczególnych elementów awioniki **YF-23**, prowadzone przy wykorzystaniu latającego laboratorium w samolocie **British Aerospace One-Eleven**. Jednym z najciekawszych urządzeń awioniki nowego myśliwca jest zarządzający system sterowania *FMS* (*Flight Management System*). Jego zasadniczym zadaniem jest optymalizowanie wychyleń sterów aerodynamicznych. Lotki, klapy skrzydłowe (na krawędzi spływu i na krawędzi natarcia) i usterzenie płytowe wychylane są w taki sposób, by uzyskać jak najkorzystniejsze parametry pod względem stateczności i zwrotności. System *FMS* jest również połączony z instalacjami samolotu: elektryczną, hydrauliczną, paliwową, a także zapasowych układów zasilania, awioniki i uzbrojenia. Na przykład system jest w stanie izolować uszkodzone elementy instalacji hydraulicznej i odpowiednio oszczędnie zarządzać pozostałym w obiegu płynem.

Pierwszy prototyp **YF-23** otrzymał numer seryjny *USAF 87-800*. Jest to samolot z silnikami *Partt & Whitney YF119*. Drugi **YF-23** (*87-801*) otrzymał silniki *General Electric YF120*. Dodatkowo prototypy otrzymały oznaczenia *PAV1* i *PAV2* (*PAV–Prototype Air Vehicle*). Prototyp *87-800* otrzymał malowanie kamuflażowe w kolorze ciemnoszarym, zaś *87-801* jasnoszarym. Samolotom **YF-23** nie nadano oficjalnej nazwy USAF, ale liczne źródła podają dwie proponowane nazwy: **„Viper"** (Żmija) i **„Gray Ghost"** (Szary Duch).

PRÓBY W LOCIE

Baza Edwards położona na dnie wyschniętego jeziora słonego Rogers na pustyni Mojave w Kalifornii stała się miejscem lotów doświadczalnych i badań porównawczych czterech prototypów **ATF**. Opracowana strategia programu prób przewidywała, że badane samoloty będą się musiały wykazać dość prosto sprecyzowanymi własnościami: bardzo dobrą zwrotnością i sterownością (w sumie cechy te określić można mianem manewrowości samolotu), możliwością latania z naddźwiękową prędkością przelotową bez użycia dopalaczy przy zastosowaniu obu konkurencyjnych typów silników, dobrymi charakterystykami w lotach z dużym kątem natarcia i możliwością strzelania pociskami rakietowymi powietrze-powietrze krótkiego zasięgu *AIM-9L „Sidewinder"* i średniego zasięgu *AIM-120 AMRAAM* (ang. *Advanced Medium Range Air-to-Air Missile*).

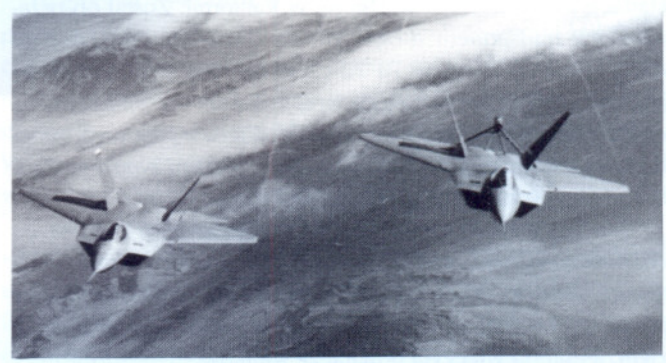
Realizacja tak ambitnego programu prób wymagała odpowiednio „agresywnego" podejścia ze strony firm – producentów prototypów. W oparciu o doświadczenia z prób myśliwców programu *LWF* (ang. *Light Weight Fighter*): **General Dynamics YF-16** i **Northrop YF-17** oraz prób pierwszego samolotu *stealth*: **Lockheed F-117** uznano, że prototypy **ATF**



Prototypy Lockheed Martin/Boeing YF-22 i Northrop/MDD YF-23 w locie. *Lockheed Martin/Boeing YF-22 and Northrop/MDD YF-23 in fligh* **[USAF]**

muszą wykonywać przynajmniej 10 lotów miesięcznie. Aby maksymalnie wykorzystać każdy z lotów postanowiono stosunkowo wcześnie przeprowadzić próby uzupełniania paliwa w locie z samolotu zbiornikowca, tak aby w kolejnych próbach móc standardowo korzystać z tankowania w locie dla wydłużenia czasu lotów.

Próby w locie prototypów **YF-22A** zostały przeprowadzone przez zespół złożony z personelu firm płatowcowych *Lockheed, General Dynamics* i *Boeing*, obu producentów silników: *General Electric* i *Pratt & Whitney*, producentów awioniki i oczywiście personelu wojskowego *USAF*. W próbach brali udział zarówno cywilni oblatywacze firm płatowcowych *Lockheed* i *General Dynamics* jak i piloci wojskowi. W składzie 300-osobowego zespołu kierowanego przez Richarda Abramsa z firmy *Lockheed* znalazło się 90 osób z działu *Lockheed Aeronautical Systems*, 65 z *Lockheed Advanced Development* (*„Skunk Works"*), 45 z *General Dynamics*, 40 z *Boeinga*, po 20 z obu firm silnikowych i 20 z *US Air Force*. Personel wojskowy sił powietrznych przydzielony został m.in. z ośrodka prób operacyjnych *AFOTEC* (*Air Force Test and Evaluation Center*) i ośrodka prób w locie *AFFTC* (*Air Force Flight Test Center*). Plany prób w locie **YF-22** i **YF-23** zostały opracowane przez oba



Dwa prototypy YF-22 w locie. Zespół spadochronu przeciwkorkociągowego zamontowany jest na pierwszym prototypie. *Both YF-22s in flight. Anti-spin chute assembly on the first prototype can be seen* **[Lockheed Martin]**

Drugi prototyp Lockheed Martin/Boeing YF-22A (N22YX) w locie. *The second prototype YF-22A (N22YX) during flight demonstration program* **[Lockheed Martin]**

konsorcja firm płatowcowych. Rola wojskowego ośrodka prób w locie ograniczona została do czuwania nad bezpieczeństwem programu prób.

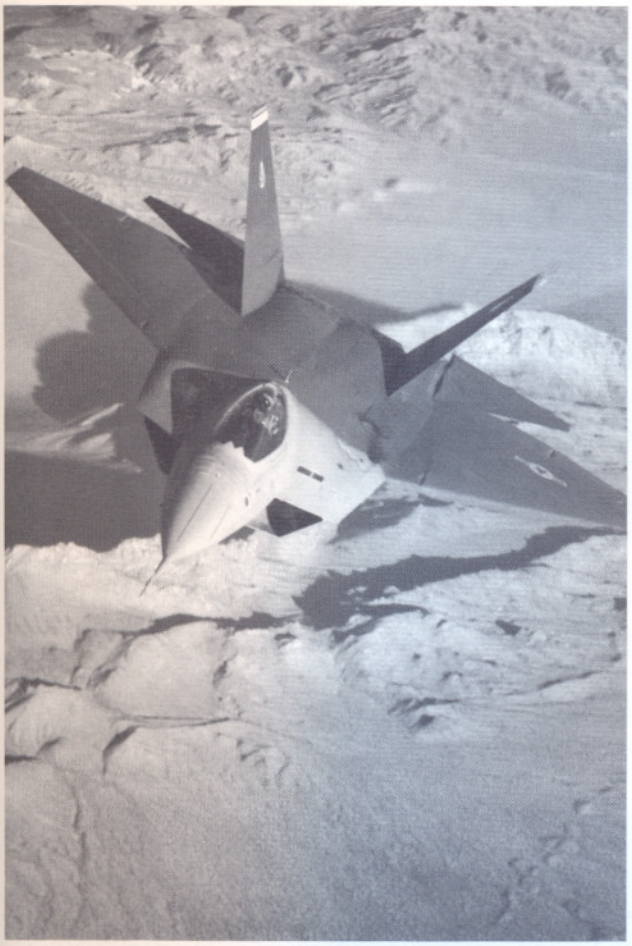
Centrum kierowania próbami w locie prototypów **YF-22** umieszczono w należącym do *AFFTC* ośrodku *Ridley Mission Control Center*. Dane nadsyłane telemetrycznie z urządzeń samolotu były przekazywane do obróbki w ośrodku *Flight Test Data Center* (*FTDC*) w Palmdale. Tu również analizowano taśmy magnetyczne z pokładowych rejestratorów danych. Aby usprawnić obieg informacji Edwards *AFB* połączono siecią komputerową z zakładami *Lockheeda* w Palmdale i Burbank, a także z *General Dynamics* w Fort Worth i *Boeingiem* w Seattle.

Jako pierwszy ukończony został prototyp **YF-23A** (*N231YF, 87-800*) zespołu *Northrop / McDonnell Douglas* z silnikami *Pratt & Whitney YF119*, którego montaż wykonywany był w zakładach *Northropa* w Hawthorne w Kalifornii. Został on przewieziony transportem drogowym do bazy lotniczej Edwards *AFB* na pustyni Mojave. Tu 22 czerwca 1990 roku odbyła się jego oficjalna prezentacja (tzw. ang. *roll-out*) – kolejna sensacja wspomnianego już „tygodnia *stealth*". Pierwszy lot tego samolotu pilotowanego przez oblatywacza wytwórni *Northrop* Paula Metza wykonano 27 sierpnia 1990 roku.

Podczas trwającego 50 min. lotu pilot stwierdził, że **YF-23** charakteryzuje się znakomitymi parametrami przy wznoszeniu: towarzyszące **YF-23** samoloty odrzutowe nie mogły nadążyć za prototypem nawet wtedy, gdy leciał on z wysuniętym podwoziem, a eskorta włączyła dopalacze silników.

W czwartym locie próbnym pierwszego prototypu **YF-23A** 14 września 1990 roku wykonano pierwszą próbę uzupełniania paliwa w locie z samolotu-zbiornikowca **Boeing KC-135**

YF-22A (N22YX) odznacza się sylwetką podobną nieco do myśliwców F-15 i F/A-18. *YF-22A (N22YX) sometimes resembles other operational fighters: F-15 and F/A-18* **[Lockheed Martin]**



Prototyp Lockheed Martin/Boeing YF-22A (N222YX) w locie nad pustynią w pobliżu bazy Edwards. *Prototype YF-22A (N222YX) during flight over desert area near Edwards AFB* **[Lockheed Martin]**

„Stratotanker". 18 września 1990 roku w piątym locie pierwszy prototyp **YF-23** (z silnikami *P&W YF119*) uzyskał naddźwiękową prędkość przelotową odpowiadającą 1,43 Ma.

Opóźnienie prac nad silnikami *General Electric YF120* spowodowało, że wyposażony w nie pierwszy prototyp **YF-22A** opuścił stanowisko montażowe w zakładach *Lockheeda* w Palmdale (*Skunk Works*) 29 sierpnia 1990 roku. Start do pierwszego lotu poprzedziły próby kołowania z małymi i średnimi prędkościami. Pozwoliły one na sprawdzenie charakterystyk podczas jazdy po ziemi, zdolności do sterowania w osi podłużnej, dynamiki hamowania, przetestowanie systemu przeciwpoślizgowego hamulców i układu sterowania kołem przednim. Samolot wystartował do pierwszego lotu w sobotę, 29 września 1990 roku, z lotniska w Palmdale pilotowany przez oblatywacza firmy *Lockheed* Davida L. Fergusona. Po 18-minutowym locie wylądował w bazie lotniczej Edwards *AFB*, 58 km od miejsca startu. Zakładano, że pierwszy lot potrwa ok. 60 minut. Jednak przed startem nastąpiła awaria naziemnej stacji telemetrycznego przekazu danych. Samolot zbyt długo stał na ziemi z włączonymi silnikami zużywając paliwo i dlatego podjęto decyzję o skróceniu czasu lotu. Niespodziewanie lot zakończył się lądowaniem na mokrym pasie startowym: od strony doliny Antelope Valley nadciągnęły chmury burzowe i na zwykle suche jak pieprz dno wyschniętego jeziora słonego Rogers spadł rzęsisty deszcz. Przestało padać zaledwie na kilka minut przed przybyciem lecącego z Palmdale **YF-22A**.

Przez cały czas pierwszego lotu podwozie samolotu pozostawało nie wciągnięte. Było tak zresztą aż do piątego lotu, ze względu na błąd w oprogramowaniu. Ostatecznie dla potrzeb prób najpierw podłączono się bezpośrednio do urządzenia wykonawczego podając sygnał inicjujący sekwencję wyciągnięcia podwozia. Pojawił się jednak kolejny problem: dla bezpośredniego podania sygnału wciągnięcia podwozia konieczne było ominięcie zintegrowanego podsystemu sterowania IVSC (*Integrated Vehicle Subsystem Control*).

Trzeci lot **YF-22A** zakończył się nieplanowanym lądowaniem z jednym silnikiem wyłączonym. Bezpośrednio po starcie układ sterowania lewego silnika *General Electric YF120* zarządził przerwanie pracy, po stwierdzeniu awarii instalacji hydraulicznej silnika, z której nastąpił całkowity wyciek płynu. Pilot prototypu z łatwością opanował sytuację lądując na jednym silniku. Przy okazji stwierdzono, że powstała na skutek wyłączenia asymetria ciągu nie stanowi istotnej przeszkody dla kontynuowania lotu i nie wymaga szczególnie dużego przeciwdziałania sterami aerodynamicznymi.

25 października 1990 roku w swym dziewiątym locie pierwszy prototyp **YF-22A** po raz pierwszy przekroczył barierę dźwięku. W następnym, dziesiątym locie, wykonanym tego samego dnia samolot ten po raz pierwszy pilotowany był przez wojskowego oblatywacza *US Air Force*. W jedenastym locie (26 października) **YF-22A** po raz pierwszy uzupełniał paliwo w powietrzu z samolotu-zbiornikowca **Boeing KC-135 „Stratotanker"**. Podczas tego lotu nastąpiła awaria systemu hydraulicznego nr 1 spowodowana usterką wyłącznika ciśnieniowego i kolejną utratą płynu z instalacji. Powrót nad lotnisko i lądowanie odbyły się bez przeszkód. Już po następnym, dwunastym locie (31 października) wyniki prób kwalifikacyjnych uzupełniania paliwa w locie uznane zostały za satysfakcjonujące. W próbach tankowania w powietrzu **YF-22A** pilotowany był przez oblatywacza *US Air Force* majora Marka Shackelforda.

26 października 1990 roku wystartował do lotu drugi prototyp **YF-23A** wyposażony w silniki *General Electric YF120*. 29 listopada 1990 roku osiągnął prędkość naddźwiękową przelotową odpowiadającą 1,6 Macha.

W czternastym locie 3 listopada 1990 roku pierwszy prototyp **YF-22A** zaprezentował możliwość wykonywania lotu z naddźwiękową prędkością przelotową z silnikami *General Electric*. W następnym, piętnastym locie, w dniu 15 listopada po raz pierwszy wykonano test ruchomych dysz tychże silników pozwalających na zmianę kierunku wektora ciągu.

10 grudnia 1990 roku w 28 locie pierwszego prototypu rozpoczęto próby lotu z dużym kątem natarcia. Samolot był podczas tych prób wyposażony w system specjalnego spadochronu hamującego ułatwiającego wyjście z korkociągu, podobny do zastosowanego wcześniej przy próbach samolotu **F-16**. Walcowaty pojemnik ze spadochronem umieszczono w ogonowej części kadłuba, nad wylotami dysz silników, na specjalnej konstrukcji wsporczej złożonej z czterech podpór. Konstrukcja ta była większa niż w przypadku analogicznego urządzenia zastosowanego podczas prób **F-16**. Podyktowała to inna konfiguracja ogonowej części kadłuba. Zastosowano spadochron o średnicy czaszy 8,53 m z liną o długości 100 stóp (30,48 m). Dzięki linie rozwinięty spadochron zabezpieczony był przed uszkodzeniem gorącymi gazami spalinowymi z silników. 12 grudnia (31 lot) osiągnięto kąt natarcia 28 stopni, 14

Drugi prototyp Lockheed Martin/Boeing YF-22A (N22YX) po raz pierwszy osiągnął prędkość naddźwiękową 23 listopada 1990 roku. *The second prototype YF-22A (N22YX) for the first time achieved supersonic speed on Nov. 23 1990* **[Lockheed Martin]**

grudnia (34 lot) 32 stopnie, 15 grudnia (35 lot) 36 stopni – maksymalną wartość wymaganą w projekcie, również 15 grudnia (36 lot) 40 stopni i 17 grudnia (37 lot) 44 stopnie. W 38 locie przeprowadzonym także 17 grudnia samolot osiągnął największy kąt natarcia wynoszący 60 stopni, na czym zakończono tę fazę prób.

30 października 1990 roku wykonany został pierwszy lot drugiego prototypu **YF-22A** (*N22YX*, z silnikami firmy *Pratt & Whitney*) pilotowanego przez oblatywacza wytwórni *Lockheed* Toma Morgenfelda. Podobnie jak w przypadku pierwszego prototypu start do pierwszego lotu poprzedziły próby kołowania. Po trzecim locie tego samolotu zdecydowano się na podniesienie limitu prędkości wiatru bocznego podczas startu do 20 węzłów (37 km/h), gdy okazało się że nawet silniejszy wiatr nie stanowi istotnej przeszkody. W piątym locie drugiego prototypu pilotował go po raz pierwszy John Beesley – oblatywacz z firmy *General Dynamics*. Na skutek podejrzenia o awarię rozrusznika silnika służącego do rozruchu w locie pilot zdecydował się z ostrożności na wyłączenie prawego silnika *Pratt & Whitney YF119* i wylądował bez większych problemów z pracującym tylko lewym silnikiem.

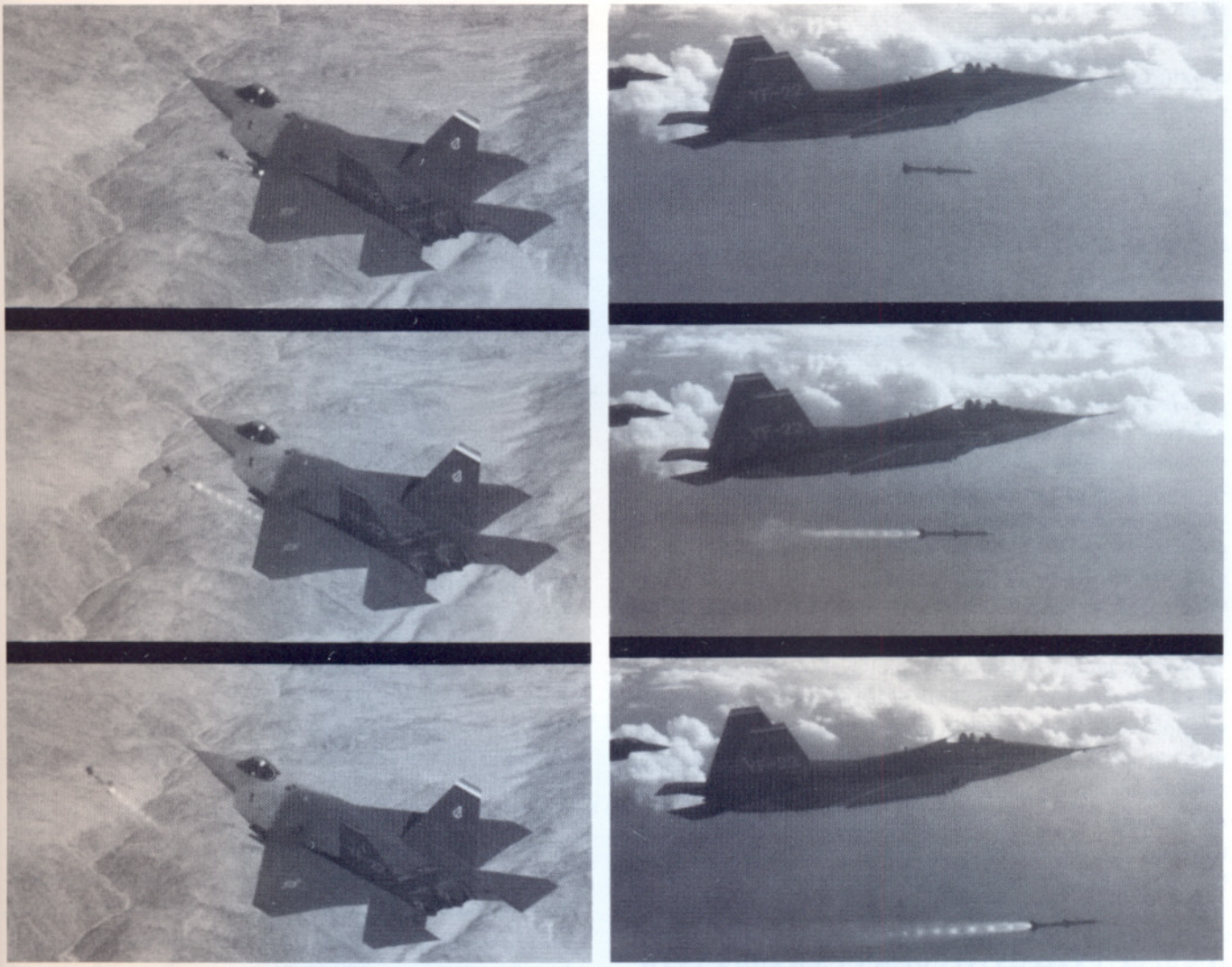
W szóstym locie drugiego **YF-22A** w dniu 20 listopada po raz pierwszy wykonano zatrzymanie a następnie ponowny rozruch jednego z silników w powietrzu. W tym samym locie po raz pierwszy otwarto w powietrzu pokrywy wewnętrznych komór uzbrojenia. Trzy dni później, 23 listopada, drugi **YF-22A** po raz pierwszy zademonstrował lot z naddźwiękową prędkością przelotową na silnikach *Pratt & Whitney*.

Po ukończeniu podstawowych badań kwalifikujących zdolność samolotu do wykonywania programu prób w locie drugi prototyp wykorzystano do próbnych strzelań pociskami rakietowymi powietrze-powietrze. W dwóch spośród trzech komór uzbrojenia (głównej i lewej bocznej) zainstalowano w tym celu zaczepy do podwieszania rakiet. Samolot wyposażono również w system sterowania uzbrojeniem. System ten zarządzany był przez oprogramowanie komputerów pokładowych samolotu. Nie zastosowano w tym przypadku systemu bezpośredniego odpalania pocisku przez naciśnięcie przez pilota przycisku zamykającego obwód elektryczny odpalania (czego możnaby się spodziewać w przypadku konstrukcji prototypowej). W jedenastym locie w dniu 28 grudnia po raz pierwszy odpalono w powietrzu kierowany pocisk rakietowy bliskiego zasięgu *AIM-9L „Sidewinder"*. Próbę przeprowadzono przy prędkości 0,7 Ma w locie na wysokości 20 tysięcy stóp (6096 m) nad poligonem marynarki wojennej *China Lake Naval Weapon Test Center*. Test zakończył się pełnym sukcesem. Z kolei 20 grudnia po raz pierwszy wykonano odpalenie w locie pocisku rakietowego *AIM-120 AMRAAM*. Próba ta przeprowadzona została na poligonie rakietowym marynarki wojennej *Navy Pacific Missile Test Center* w Point Mugu. Przebiegła ona pomyślnie: pocisk prawidłowo oddzielił się od zaczepów w wewnętrznej komorze uzbrojenia i wykonał lot po zaplanowanej trajektorii. Równolegle z próbami uzbrojenia na drugim prototypie wykonywano inne ważne punkty programu badań w locie. W dwunastym locie w dniu 1 grudnia 1990 r. pierwszy raz przetestowano dysze silników *Pratt & Whitney* o regulowanym kierunku wektora ciągu.

Jedenaście lotów pierwszego i drugiego prototypu **YF-22A** o łącznym czasie 13,5 godziny przeprowadzono w ramach programu wczesnego oszacowania możliwości operacyjnych samolotu **EOA** (ang. *Early Operational Assessment*) realizowanego przez ośrodek prób operacyjnych sił powietrznych *AFOTEC* (*Air Force Test and Evaluation Center*). Pilotem samolotów **YF-22A** w tych próbach (rozpoczętych od dziewiętnastego lotu w dniu 19 listopada) był podpułkownik (*Lt. Col.*) William Naigle. Podczas prób prowadzonych przez *AFOTEC* zobrazowanie wyprowadzane na monitory ekeranowe w kabinie pilota miały format w większym stopniu odpowiadający zadaniu realizowanemu przez taktyczny samolot bojowy niż to miało miejsce w przypadku dotychczasowych prób o charakterze technicznym.

W 43 locie, w dniu 28 grudnia, pierwszy prototyp **YF-22A** osiągnął największą dotąd prędkość maksymalną przekraczając 2 Ma i największe dodatnie przyspieszenie – ponad +7 g. W tym samym dniu zakończono program prób pierwszego prototypu **YF-22A**. Próby drugiego prototypu zakończyły się dwa dni wcześniej – 26 grudnia. Pierwszy prototyp wykonał łączni

Udane odpalenie pocisku AIM-9 „Sidewinder" podczas prób prototypu YF-22. *YF-22 successfully fires an AIM-9 „Sidewinder" missile* **[Lockheed Martin]**



Próby uzbrojenia rakietowego YF-22: po lewej odpalenie pocisku AIM-9 „Sidewinder", po prawej pocisku AIM-120 AMRAAM. *Weapon tests of the YF-22: launches of AIM-9 "Sidewinder" (left) and AIM-120 AMRAAM (right)* **[Lockheed Martin]**

43 loty trwające łącznie 52,8 h zaś drugi 31 lotów o łącznym czasie 38,8 h. W sumie w ciągu 91 dni oba prototypy wykonały 74 loty o sumarycznym czasie 91,6 h. Ponad 24 h trwały loty z prędkością naddźwiękową w zakresie 1,4 – 1,6 Ma.

Podczas prób w locie prototypy **YF-22** wykazały się bezprecedensową zwrotnością, szczególnie w zakresie prędkości naddźwiękowych. Nieco gorsze od założonych były jedynie prędkości obrotu wokół osi podłużnej (beczka) – przy prędkości 0,9 Ma na wysokości 30 000 stóp (9144 m) uzyskano 180 stopni na sekundę zamiast oczekiwanych 200 stopni na sekundę; przy prędkości 1,5 Ma na wysokości 40 000 stóp (12 192 m) uzyskano 175 stopni na sekundę zamiast 180 stopni na sekundę. Największe naddźwiękowe prędkości przelotowe (bez dopalaczy) wyniosły odpowiednio 1,58 Ma dla samolotu z silnikami *General Electric* (dane nieoficjalne) i 1,43 Ma dla samolotu z slinikami *Pratt & Whitney*.

Konkurencyjne prototypy **Northrop / McDonnell Douglas YF-23A** w ciągu 104 dni wykonały 50 lotów o łącznym czasie 65 h. Program ich prób został zakończony wcześniej niż nastąpiło to w przypadku prototypów **YF-22A**. Pierwszy **YF-23** wykonał swój ostatni 34 lot 30 listopada. Łączny czas lotu wyniósł dlań 43 godziny. Program prób drugiego prototypu zakończono 18 grudnia po wykonaniu 16 lotów o łącznym czasie 22 h. Maksymalna prędkość osiągnięta podczas prób **YF-23** wyniosła 1,8 Ma a maksymalny pułap lotu 15 240 m (50 000 stóp). Na loty z naddźwiękową prędkością przelotową przypadło 7,2 h. Do najciekawszych prób wykonanych przez zespół *Northropa* należał test sprawności bojowej samolotu. W ciągu 10 godzin od wschodu do zachodu słońca prototyp **YF-23A** wykonał 6 pozorowanych lotów bojowych. Obsługa naziemna samolotu w przerwach pomiędzy lądowaniem a startem do kolejnej misji trwała zaledwie ok. 18 minut. W tym czasie uzupełniano paliwo, podczepiano pociski rakietowe i ładowano amunicję do działka. Największy kąt natarcia osiągnięty w próbach **YF-23** wyniósł 25 stopni. Przeprowadzone wcześniej próby tunelowe wykazały, że docelowo samolot mógłby osiągać kąt natarcia 60 stopni. W programie badań w locie prototypów **YF-23A** nie zabrakło też chwil dramatycznych. W trzecim locie drugie-

go prototypu (z silnikami *GE*) o mało nie doszło do katastrofy. W locie na wysokości 7925 m z zaworów nadmiarowych zbiorników nagle zaczęło intensywnie wyciekać paliwo. Przyczyną tej awarii, która w przypadku zapalenia się paliwa mogła zakończyć się tragicznie, było fałszywe wskazanie czujnika pomiarowego spowodowanie zatkaniem rurki doprowadzającej o średnicy 3 mm. Przy dużych prędkościach lotu (powyżej 1,5 Ma) stwierdzono pękanie oszklenia kabin prototypów **YF-23**. Zespół *Northropa* nie wykonał prób strzelania pociskami rakietowymi, co było zresztą nieobowiązkowym punktem programu prób.

Jak stwierdził oblatywacz **YF-23** Paul Metz samolot ten *„dysponuje imponującymi osiągami w dziedzinie wykonywania zakrętów z prędkością naddźwiękową, zaś niewielkie obciążenie skrzydeł daje bardzo dobre możliwości w lotach z małą prędkością"*. Metz twierdzi, że **YF-23** znakomicie sprawowały się w lotach w szyku, a także podczas uzupełniania paliwa w locie z samolotu-cysterny typu **KC-135**. Zdaniem pilota **YF-23** był najlepiej sprawującym się samolotem myśliwskim pod względem użycia pokładowej broni strzeleckiej przy przeciążeniach sięgających 4g.

Podczas prób w locie dwóch prototypów **ATF**: pierwszego **YF-23** i drugiego **YF-22** silniki *Pratt & Whitney YF119-PW-100* wykonały 65 lotów o łącznym czasie 153 godzin, podczas których nie odnotowano przypadku niezamierzonego zatrzymania silnika w locie lub pompażu (niestatecznej pracy sprężarki). Silniki *General Elecric YF120* również sprawowały się bez zarzutu prezentując lepsze osiągi w lotach z naddźwiękową prędkością przelotową.

WYBÓR SAMOLOTU YF-22 I SILNIKA F119. ROZSTRZYGNIĘCIE KONKURSU

Siły Powietrzne Stanów Zjednoczonych pozostawiły firmom uczestniczącym w konkursie ATF pełną swobodę w interpretacji postawionych założeń. W rezultacie prototypy opracowane przez oba zespoły firm płatowcowych powstały zgodnie z odmiennymi filozofiami. Zdaniem tygodnika *„Aviation Week & Space Technology"* projekt myśliwca **YF-23** zespołu *Northropa* zorientowany został przede wszystkim na uzyskanie jak najlepszych charakterystyk małej obserwowalności (*stealth*) i wysokiej naddźwiękowej prędkości przelotowej. Konkurecyjny **YF-22** zespołu *Lockheeda* zorientowano na bardziej zrównoważone połączenie charakterystyk *stealth*, naddźwiękowej prędkości przelotowej i zwrotności. Szef zespołu *Lockheeda* Al Purden stwierdził: *„Położyliśmy zasadniczy nacisk na skonstruowanie myśliwca odznaczającego się bezprecedesnsową zwrotnością połączoną z bezprecedensowo niską obserwowalnością. Nigdy jednak nie pozwoliliśmy, aby cele uzyskania niskiej obserwowalności czy też naddźwiękowej prędkości przelotowej zmusiły nas do odejścia od wymagania manewrowości"*. Projekt **YF-22** powstał przy założeniu, że w XXI wieku myśliwiec przewagi powietrznej będzie musiał być skuteczny zarówno w walce poza zasięgiem widoczności, jak i w bezpośredniej walce myśliwskiej, w której przeciwnicy widzą się doskonale a podstawową bronią jest działko i pociski rakietowe bliskiego zasięgu.

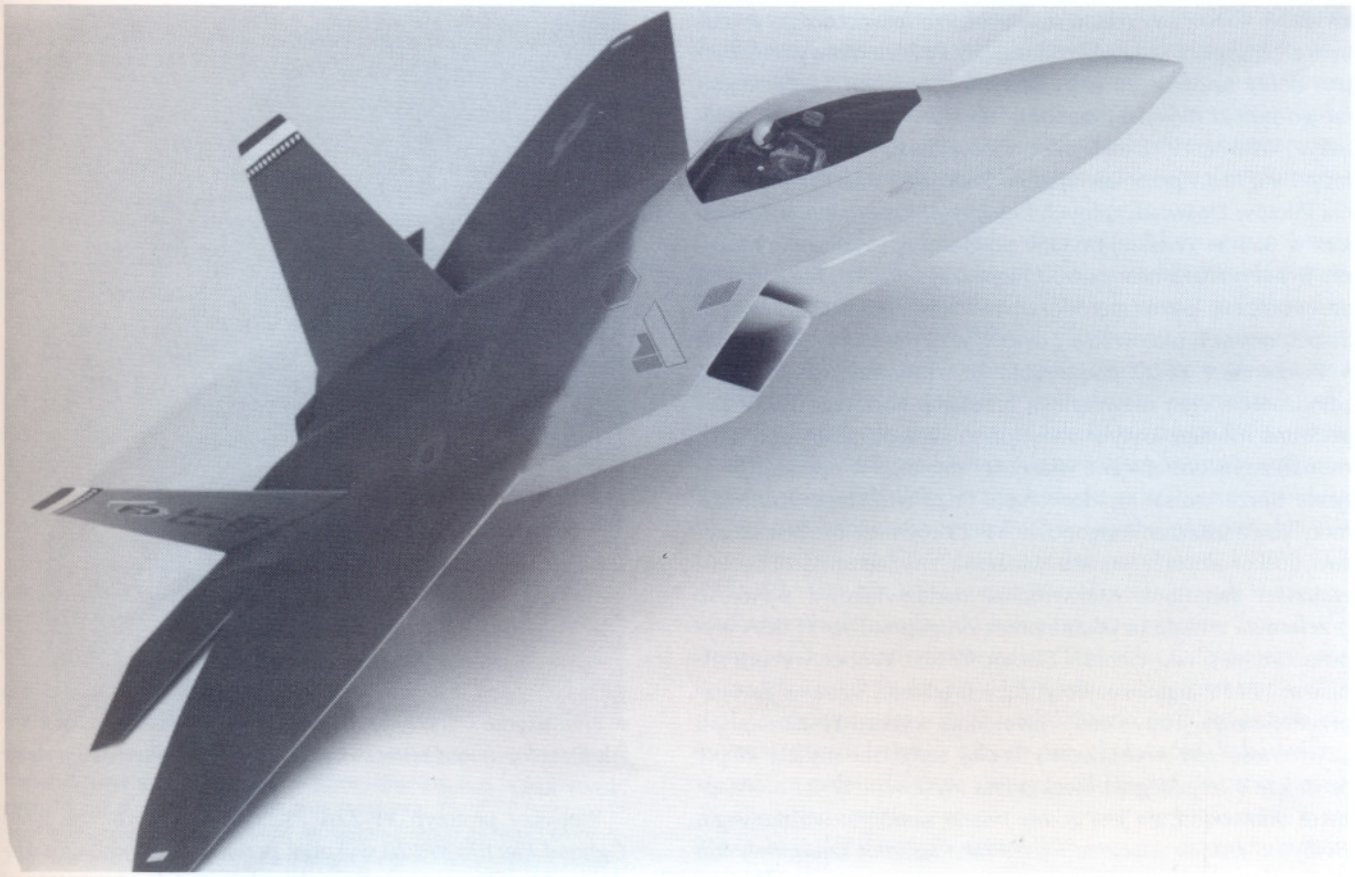
Tankowanie w powietrzu prototypu Lockheed Martin/Boeing YF-22. *In flight refuelling of the Lockheed Martin/Boeing YF-22* **[Lockheed Martin]**

W takiej właśnie walce, której zasady wywodzą się jeszcze z czasów I wojny światowej, charakterystyki *stealth* nie odgrywają większej roli. **YF-23** zespołu *Northropa* powstał w większym stopniu przy założeniu, że w przyszłości walki powietrzne na małych odległościach należeć będą do rzadkości. W efekcie powstał samolot, który doskonale sprawdziłby się w starciu poza zasięgiem widoczności dzięki możliwości zaskoczenia przeciwnika skrytym podejściem do jego samolotów i wykorzystaniem jako atutu własnej wysokiej prędkości przelotowej.

We wtorek, 23 kwietnia 1991 roku, sekretarz Sił Powietrznych Stanów Zjednoczonych Donald B. Rice na zorganizowanej w Waszyngtonie konferencji prasowej oznajmił, że w konkursie **ATF** zwyciężył **YF-22** zespołu *Lockheed / General Dynamics / Boeing*. Równocześnie poinformowano o wyborze silników *Pratt & Whitney YF119-PW-100*. Rice stwierdził, że płatowiec **YF-22** z silnikami *YF119 „w sposób oczywisty zapewni* lepsze *możliwości przy niższych kosztach"*. Zdaniem sekretarza wszystkie cztery prototypy spełniły postawione wymagania, prezentując zbliżony poziom techniczny i, że żadna z kombinacji płatowiec – silnik nie jest znacząco lepsza od pozostałych. Propozycje zespołu *Lockheeda* i firmy *Pratt & Whitney* oceniono wyżej zarówno w dziedzinie rozwiązań technicznych jak i propozycji dotyczących dalszego rozwoju konstrukcji w fazie rozwoju projektowego i produkcyjnego (*EMD*) oraz przyszłej produkcji seryjnej.

Decyzja zapadła. Dla zwycięzców: *Lockheeda*, oddziału *General Dynamics* w Fort Worth (notabene rychło wykupionego przez *Lockheeda*), wojskowego oddziału *Boeinga* i producenta silników *Pratt & Whitney* oznaczała ona gwarancję istnienia do końca bieżącego stulecia i przez pierwsze dwie dekady XXI wieku. Trzy firmy płatowcowe dopłaciły do rządowych funduszy na opracowanie prototypów **YF-22** około 675 milionów dolarów. Mickey Blackwell, generalny menadżer programu **F-22,** stwierdził w końcu 1991 roku, że biorący w przedsięwzięciu partnerzy zdesperowani są odrobić tą „monstrualną stratę" w fazie rozwoju projektowego i produkcyjnego.

Dla *Northropa* fiasko **YF-23** stało się kolejnym ogniwem w łańcuchu niepowodzeń, w którym wcześniej znalazło się



Makieta seryjnego samolotu Lockheed Martin/Boeing F-22 „Raptor". *A model of the production Lockheed Martin/Boeing F-22 „Raptor"* **[Lockheed Martin]**

anulowanie programu myśliwca obrony powietrznej **F-20 „Tigershark"** i ograniczenie produkcji bombowców *stealth* **B-2A** do zaledwie 20 egzemplarzy. *McDonnell Douglas* mógł mówić w 1991 r. o pechu: anulowano program **A-12 „Avenger II"** – samolotu szturmowego w układzie latającego skrzydła przewidzianego jako następca samolotu **A-6 „Intruder"** w lotnictwie pokładowym *US Navy*, opracowywanego wspólnie z *General Dynamics*. W konkursie **LH** na nowy śmigłowiec *US Army* odrzucono wspólny projekt *McDonnell Douglas Helicopters* i *Bell Helicopter* na rzecz projektu zespołu *Boeing/Sikorsky* (**RAH-66 „Comanche"**). Do tego doszła porażka **YF-23** w konkursie **ATF**, na który *McDD* wraz z *Northropem* wyłożyły ze środków własnych około jednego miliarda dolarów. *General Electric* wkrótce po odrzuceniu jego silnika *YF120* z programu **ATF** oświadczył, że będzie zmuszony poszukiwać jego alternatywnych zastosowań, a poza tym zwolnić od 500 do 1000 pracowników.

Połączenie płatowca **YF-22** z silnikiem *YF119* było rozwiązaniem najtańszym i najmniej ryzykownym, choć decydenci nie uznali tego za czynnnik rozstrzygający. Zapewne na decyzję sił powietrznych wpłynęła atmosfera odprężenia w stosunkach amerykańsko-sowieckich po zmianach politycznych w Europie Środkowo-Wschodniej w latach 1989-90, jak również dopiero co odniesione zwycięstwo nad Irakiem w wojnie nad Zatoką Perską. Warunki te sprzyjały podejmowaniu przez amerykańskich polityków decyzji o redukcji wydatków Pentagonu. Zapewne jeszcze 2 – 3 lata wcześniej większe szanse miałby **YF-23** zespołu *Northrop / McDonnell Douglas*.

Ówczesny stan umysłów ludzi związanych z amerykańskim przemysłem lotniczym dobrze wyraża treść wypowiedzi zamieszczonych w prestiżowym tygodniku *„Aviation Week & Space Technology"* w rubryce listy do redakcji latem i jesienią 1991 r. Padały pytania o to, czy rzeczywiście Siły Powietrzne USA zdecydowały się na wybór myśliwca spełniającego założenia małej obserwowalności (*stealth*). **YF-22** porównywane były do „dinozaurów z lat siedemdziesiątych", wyglądających jak mniej lub bardziej udolna przeróbka **F-18.** Na stwierdzenie o lepszej niż w przypadku **YF-23** zwrotności złośliwi dodawali, że zwrotność ta przyda się przyszłym **F-22**, gdy wysokie usterzenie pionowe odbijające fale radarowe i dysze silników świecące niczym „rzymskie świece" nieosłonięte przed czujnikami podczerwieni spowodują ich wczesne wykrycie przez przeciwnika. Podkreślano, że **YF-22** górował nad **YF-23** jedynie pod względem zwrotności, podczas gdy jego zdolność przetrwania na polu walki jest zapewne problematyczna. Argument zwolenników **YF-22**, że zespół *Lockheeda* wykonał próbne strzelania pociskami *AIM-9* i *AIM-120*, czego nie zrealizował zespół *Northropa*, uznano za nieprzekonywujący. Przy okazji wytknięto zespołowi *Lockheeda* zbyt bliskie położenie komór uzbrojenia względem wlotów powietrza do silników i związane z tym niebezpieczeństwo zassania gorących spalin silnika rakietowego pocisku przez silniki turbowentylatorowe samolotu. Stronnicy **YF-23** podkreślali, że samoloty opracowane przez zespół *Northropa* uzyskały większą naddźwiękową prędkość przelotową, wykazały się mniejszą obserwowalnością, wykonywały pod czas prób dłuższe loty i więcej lotów podczas jednego dnia oraz odznaczały się lepszą integracją

awioniki. Cytowano zdanie z artykułu zamieszczonego w jednym z czasopism świata biznesu: *„Siły Powietrzne wybrały bardzo dobry samolot, na który otrzymały pieniądze przedkładając go ponad najlepszy samolot, na który nie dostałyby funduszy."* Wiosną 1991 roku pilot doświadczalny wytwórni *Northrop* Paul Metz przemawiając podczas zebrania Stowarzyszenia Pilotów Doświadczalnych (*Society of Experimental Test Pilots*) w Bath w Wielkiej Brytanii powiedział: *„Wciąż nie możemy w pełni zrozumieć powodów naszej porażki"*. Skrytykował on wówczas ostro metodę równoczesnego porównywania dwóch nowych płatowców i dwóch nowych typów silników.

Zwolennicy **YF-22** podkreślali, że nazywanie ich faworyta „dinozaurem" jest niewątpliwą przesadą: **Lockheed F-117** był podobno również krytykowany (przez samego *„Kelly'ego"* Johnsona!) za niedostateczne własności *stealth*, a w operacji „Pustynna Burza" spisał się doskonale. Poza tym stwierdzono, że motylkowe usterzenie ogonowe **YF-23** również nie jest szczytem doskonałości z punktu widzenia zmniejszania obserwowalności samolotu. Maksymalna naddźwiękowa prędkość przelotowa została uzyskana przez drugi prototyp **YF-23A** wyposażony w silniki *General Electric YF120*. Wobec wyboru silników *YF119* argument dotyczący prędkości uznano za bezprzedmiotowy. Tony Pena – zwolennik wyboru **YF-22** napisał: *„Zwrotność jest podstawową cechą samolotu myśliwskiego. Spytajcie o to jakiegokolwiek pilota myśliwca. YF-23 niewątpliwie udowodnił, że jest godny miana samolotu wojskowego. Byłby on jednak znacznie lepszy jako samolot szturmowy lub bombowy niż jako myśliwiec"*.

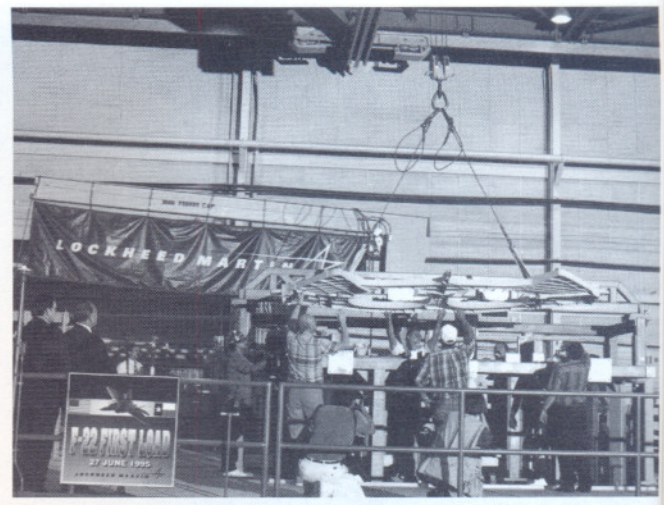
DALSZE LOSY PROTOTYPÓW ATF

W 1991 r. zwycięski myśliwiec **ATF**: **YF-22A** (*N22YX*) z silnikami *Pratt & Whitney YF119* jako jedyny spośród czterech konkurujących ze sobą rok wcześniej prototypów ponownie skierowano do programu prób w locie. Latem 1991 roku samolot ten przewieziono transportem kołowym z bazy Edwards *AFB* do zakładów *Lockheeda* w Pamdale. Pierwszy po długiej przerwie lot drugiego prototypu **YF-22A** pilotowanego przez Toma Morgenfelda odbył się w dniu 30 października 1991 roku.

Nowy program badań objąć miał około 100 godzin w powietrzu w 25 lotach próbnych wykonywanych z bazy Edwards *AFB*. Zaplanowano rozszerzenie obwiedni osiągów samolotu i szczegółowe przebadanie wybranych fragmentów tejże obwiedni. Około 10 lotów poświęcono na badania obciążeń konstrukcji w locie z dużymi przeciążeniami zarówno przy otwartych, jak i zamkniętych komorach uzbrojenia.

Próby te prowadzone były przez dywizjon badawczy *US Air Force*: *6511th Test Squadron (F-22 Combined Test Force)* w składzie skrzydła badawczego *6510th Test Wing*.

Wznowiony program prób w locie drugiego prototypu **YF-22A** został niespodziewanie przerwany wypadkiem jaki wydarzył się 25 kwietnia 1992 roku. Samolot wpadł w oscylacje w osi podłużnej i został uszkodzony podczas lądowania na pasie lotniska Edwards *AFB*. Do wypadku samolot wykonał łącznie 70 lotów o sumarycznym czasie 100 godzin i 24 minut. Uszkodzenia okazały się na tyle małe, że zdecydowano się naprawić samolot. Po ukończeniu naprawy zdecydowano się nie



Pracownicy zakładów Lockheed Martin Tactical Aircraft Systems w Fort Worth w Teksasie montują w przyrządzie montażowym tytanową wręgę środkowej części kadłuba F-22. *Workers in Lockheed Martin Tactical Aircraft Systems, Fort Worth, Texas guide titanium bulkhead into an assembly fixture for the F-22 mid-fuselage* **[Lockheed Martin]**

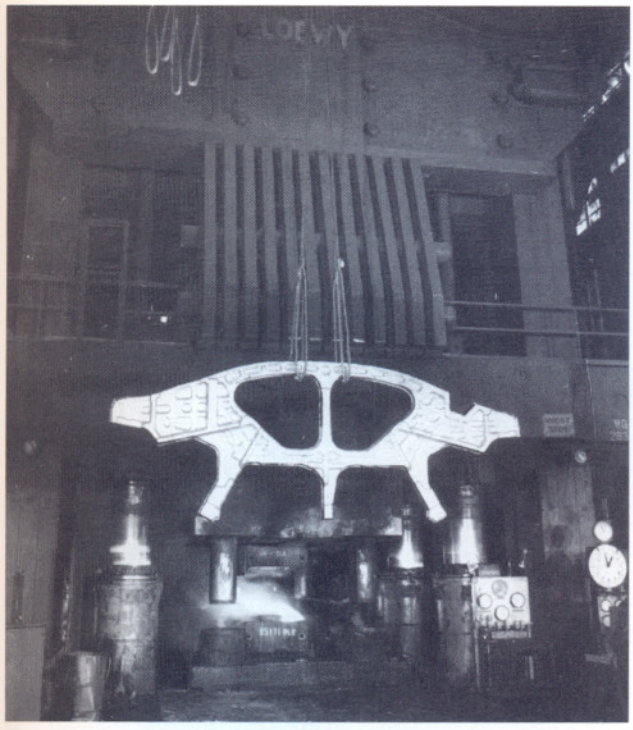
wznawiać lotów a prototyp przekazano do wykorzystania w charakterze stanowiska badawczego anten w ośrodku *Rome Air Development Center* w bazie lotniczej Griffiss *AFB* w stanie Nowy Jork.

Pierwszy prototyp **YF-22A** (*N22YF*) wyposażony w silniki *General Electric YF120* wykonał przelot z Kalifornii do zakładów w Marietta w stanie Georgia, gdzie został wykorzystany jako makieta do prób systemów fazy *EMD* i integracji wyposażenia przyszłych samolotów seryjnych. Z płatowca pierwszego **YF-22A** zdemontowano silniki *General Electric* pozostawiając puste gondole. Z wlotów powietrza usunięto logo *General Electric* zastępując je emblematem *Pratt & Whitney*.

Tymczasem oba prototypy **Northrop / McDonnell Douglas YF-23A** od zakończenia programu prób w locie w końcu 1990 roku stały zakonserwowane w bazie Edwards. Z płatowców zdemontowano silniki, awionikę i komputery pokładowe. W końcu 1993 r. firma *Northrop* przekazała oba **YF-23A** jako darowiznę cywilnej agencji *NASA* (ang. *National Aeronautics and Space Administration*). Jednocześnie podjęto decyzję o odtajnieniu konstrukcji prototypów. *NASA* postanowiła wykorzystać **YF-23A** w programie badań nad technikami kalibracji przy pomiarach obciążeń w nowoczesnych płatowcach wykonanych z dużym udziałem materiałów kompozytowych. Do badań prowadzonych przez ośrodek badawczy im. Drydena wykorzystywany jest tylko jeden **YF-23A**, drugi pozostaje zakonserwowany. Przedstawiciele *NASA* twierdzą, że prototypy te nie będą już więcej latać.

FAZA EMD

2 sierpnia 1991 roku, miesiąc po pierwotnie oczekiwanym terminie, *US Air Force* zawarły ze zwycięskimi firmami konkursu **ATF** kontrakty na realizację fazy *EMD* (ang. *Engineering and Manufacturing Development*). Zespół *Lockheed / Boeing / General Dynamics* otrzymał kontrakt o wartości 9,55 miliarda USD, zaś firma *Pratt & Whitney* o wartości 1,375 mld USD. W ramach tych umów firmy płatowcowe zobowiązały się do



Wręga samolotu F-22 wykonana z odkuwki tytanowej w zakładach Wyman-Gordon w North Grafton w Massachusetts. Jest to największy wyprodukowana do tej pory odkuwka tytanowa. *The F-22 bulkhead is made of titatnium forging produced at Wyman-Gordon at North Grafton, Mass. This is the largest closed die titanium forging ever produced* **[Lockheed Martin]**

starczyć dziewięć samolotów w wersji jednomiejscowej **F-22A**, dwa w wersji dwumiejscowej (szkolno-bojowej) **F-22B** oraz dwa płatowce do naziemnych badań statycznych. Z kolei firma *Pratt & Whitney* otrzymała zadanie dostarczenia 33 silników w seryjnej wersji *F119-PW-100*.

W 1991 roku firma *Lockheed* zadecydowała o przeniesieniu programu **F-22** ze swych kalifornijskich oddziałów na wschodnie wybrzeże USA – do Georgii. Od tego czasu *Lockheed* znacznie wzmocnił swą pozycję na rynku kupując od *General Dynamics* zakłady w Fort Worth (produkcja **F-16** i udział w produkcji **F-22**), a następnie łącząc się z firmą *Martin Marietta* i tworząc koncern *Lockheed Martin Corporation*.

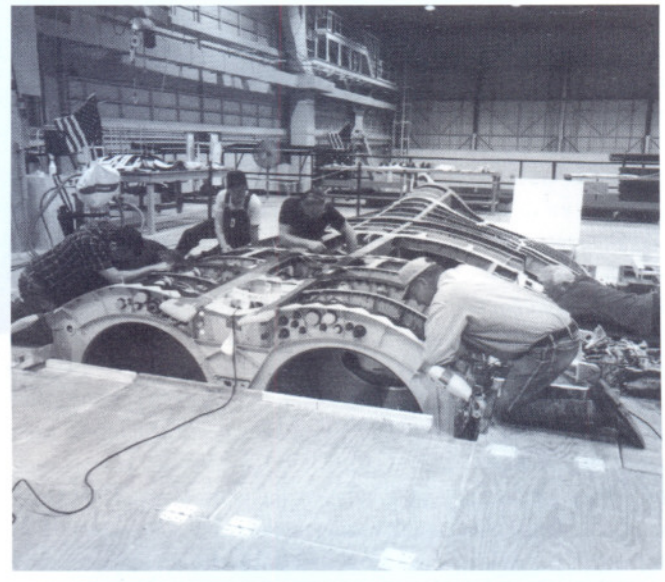
Obecne zakłady *Lockheed Martin Aeronautical Systems (LMAS)* w Marietta w stanie Georgia zlokalizowane są w zbudowanym w okresie II wojny światowej kompleksie budynków *Air Force Plant 6*. Na zakłady *LMAS* w Marietta przypada 35 procent udziału w pracach nad **F-22** w ramach fazy *EMD* i przyszłej produkcji seryjnej. Po 30 procent przydzielono zakładom *Lockheed Martin Tactical Aircraft Systems (LMTAS;* mieszczącym się w budynkach *Air Force Plant 4*) w Fort Worth w Teksasie i *Boeing Defense and Space Group* w Seattle w stanie Waszyngton.

Większość prac rozwojowych nad przeznaczonym dla **F-22** silnikiem *F119* wykonywana jest w ośrodku badawczym firmy *Pratt & Whitney* w West Palm Beach na Florydzie. Produkcja seryjna uruchamiana jest w West Hartford w stanie Connecticut. Obecnie planuje się wyprodukowanie 27 egzemplarzy silników *F119*.

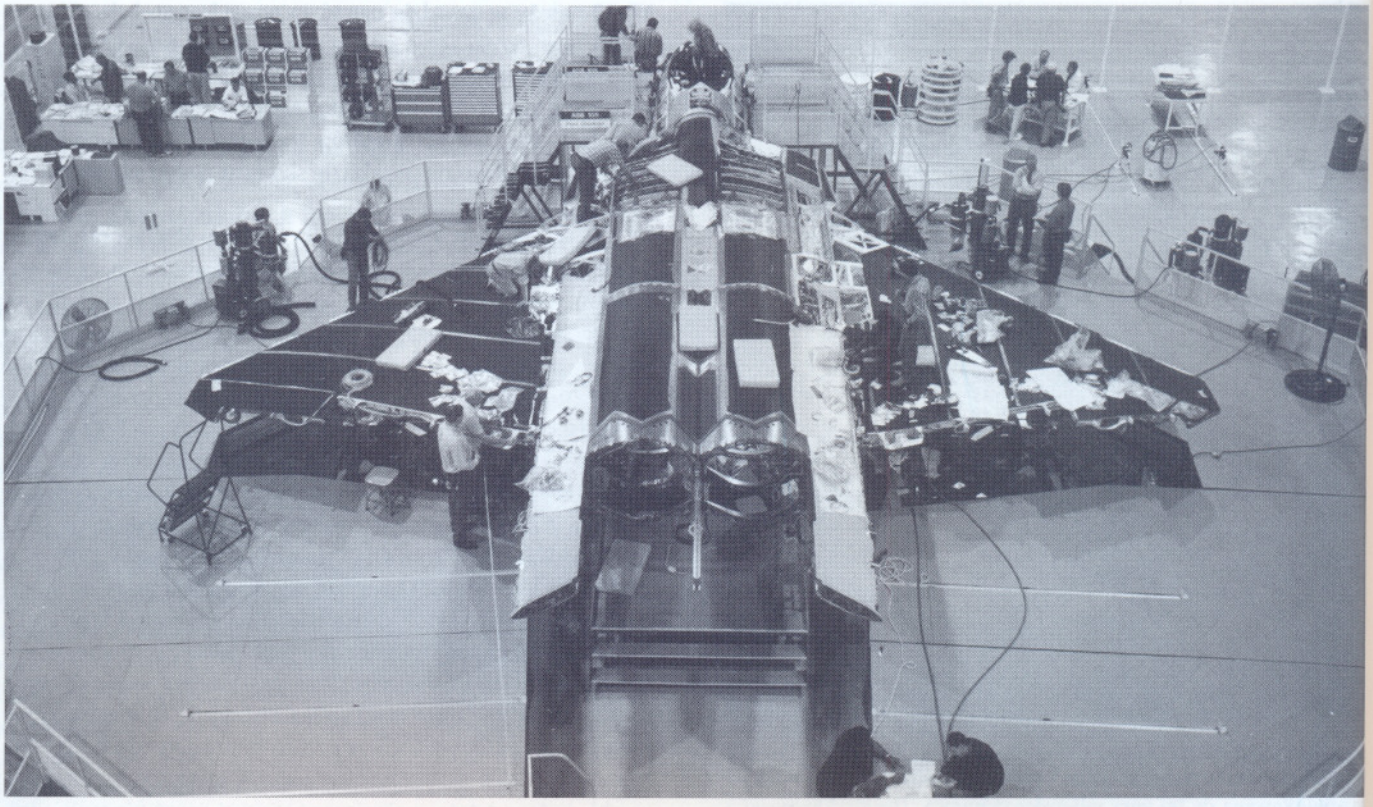
Samolot opracowany w fazie *EMD* na bazie doświadczeń wynikających z opracowania i prób w locie dwóch prototypów **YF-22** należy w zasadzie uznać za nową konstrukcję. Obecny **F-22A** nosi oznaczenie producentów **Model 645**. Ostatecznie jednak taka właśnie była filozofia programu **ATF**, w której najpierw doprowadzono do oblotu dwóch konkurencyjnych płatowców – tzw. „demonstratorów technologii", wybrano jednego z nich i dopiero na jego bazie skonstruowano samolot seryjny.

Z początkiem 1993 roku dla budżetu Pentagonu nastały ciężkie czasy. Prezydent George Bush, republikanin, bohaterski pilot **„Avengera"** z II wojny światowej, ustąpił w Białym Domu miejsca demokracie Billowi Clintonowi, o powszechnie znanej pacyfistycznej przeszłości. Administracja Clintona z marszu zabrała się do okrajania budżetów programów wojskowych. Przedwczesne wyczerpanie funduszy na **F-22** w roku finansowym 1993 spowodowane wzrostem kosztów oraz zredukowaniem wydatków przez Kongres oraz kolejne redukcje budżetu przeznaczonego na **F-22** w latach finansowych 1994 (2,1 mld USD, 163 mln USD poniżej oczekiwań) i 1995 (2,3 mld USD, 100 mln USD poniżej oczekiwań) zmusiły do wprowadzenia dwóch zmian do kalendarium programu fazy *EMD*. Pierwszej dokonano na początku 1993 roku zaś drugiej w połowie 1994 roku. W styczniu 1993 roku pierwotne zamówienie na 11 samolotów fazy *EMD* zredukowano do 9 latających samolotów przedseryjnych plus dwóch płatowców do badań naziemnych (jeden do prób statycznych i jeden do zmęczeniowych). Jednocześnie zmniejszono liczbę zamówionych silników z 33 do 27. Ostatnią zmianę planowanego kalendarium fazy *EMD* spowodowało zredukowanie wydatków zaplanowanych na rok finansowy 1996. 9 grudnia 1994 roku sekretarz obrony USA William Perry oznajmił decyzję o 10-procentowej redukcji (tj. o ok. 210 mln USD) budżetu programu **F-22** na rok finansowy 1996. W połowie 1995 r. koszt fazy *EMD* oceniany był przez firmę *Lockheed Martin* na ok. 11 mld USD.

Na początku 1993 roku postanowiono, że samolot oprócz swego podstawowego zadania myśliwca przewagi powietrznej będzie mógł być wykorzystany również do atakowania



Środkowa część kadłuba samolotu Lockheed Martin/Boeing F-22 podczas montażu w zakładach LMTAS w Fort Worth. *The mid-fuselage of the Lockheed Martin/Boeing F-22 under construction at Lockheed Martin Tactical Systems plant in Fort Worth* **[Lockheed Martin]**



Montaż pierwszego seryjnego samolotu Lockheed Martin/Boeing F-22 „Raptor 01" w zakładach Lockheed Martin Aeronautical Systems w Marietta
Assembly of the first Lockheed Martin/Boeing F-22 „Raptor 01" in Lockheed Martin Aeronautical Systems plant in Marietta **[Lockheed Martin]**

celów naziemnych przy użyciu systemów lotniczego uzbrojenia precyzyjnego *PGM* (ang. *Precision Guided Munition*). Chodzi tu przede wszystkim o bomby sterowane wykorzystujące dane z danych globalnego systemu nawigacji satelitarnej *GPS* (ang. *Global Positioning System*) dla uzyskania bardzo dokładnego trafienia w cel. W ramach zawartego 25 maja 1993 r. kontraktu o wartości 6,5 mln USD awionika i główna komora uzbrojenia **F-22** dostosowane zostały do przenoszenia dwóch bomb *JDAM* (ang. *Joint Direct Attack Munition)* o masie1000 funtów (453,6 kg) w miejsce dwóch pocisków *AIM-120A AMRAAM*. Oprócz tego samolot dostosowano do strzelania nowymi pociskami powietrze-powietrze *AIM-9X*. Zrezygnowano natomiast z adaptacji **F-22** do przenoszenia pocisków *AGM-137A TSSAM* (ang. *Tri-Service Standoff Attack Missiles*) na zaczepach podskrzydłowych (anulowano również program tego pocisku, który według założeń miał mieć zasięg aż 200 km).

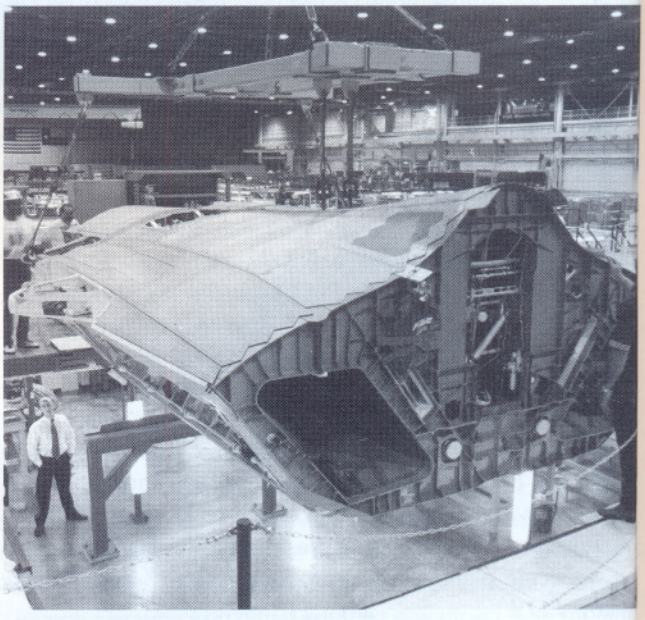
Przeprowadzono wstępne prace studialne nad budową wersji przeciwradiolokacyjnej (tzw. ang. *Wild Weassel*) oraz specjalnej wersji do zwalczania pocisków balistycznych.

W kwietniu 1995 roku w wyniku przeprowadzonego przeglądu projektu (ang. *Critical Design Review*) postanowiono o 3-procentowym zwiększeniu limitu masy do 14 365 kg.

8 grudnia 1993 roku w zakładach firmy *Boeing* w Kent w stanie Waszyngton rozpoczęto produkcję pierwszego elementu strukturalnego z tytanu dla pierwszego **F-22A**. 27 czerwca 1995 roku pracownicy zakładów *LMTAC* w Fort Worth rozpoczęli montaż środkowej części kadłuba pierwszego **F-22A** od zainstalowania na przyrządzie montażowym jego pierwszych elementów.

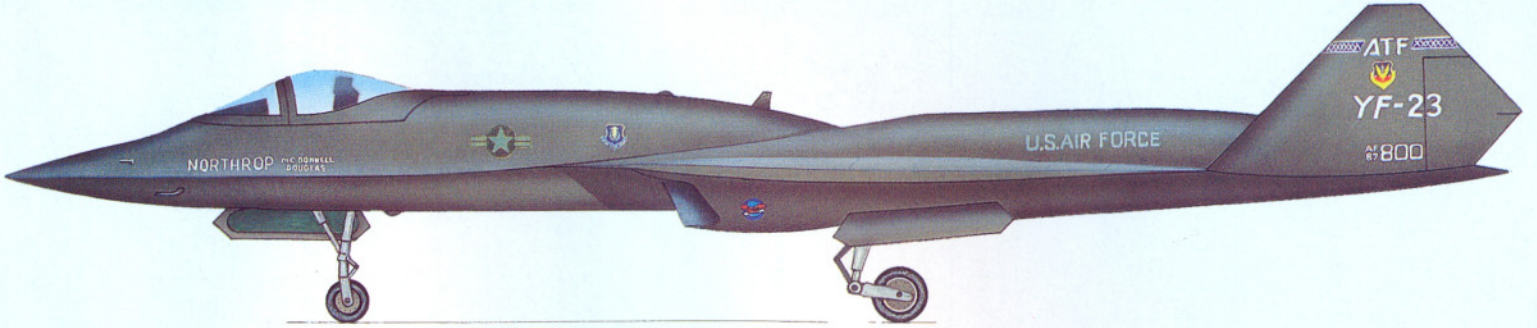
Cała środkowa część kadłuba została przewieziona transportem drogowym z Fort Worth do Marietta w sierpniu 1996 roku. 2 listopada 1995 roku w zakładach w Marietta przystąpiono do montażu przedniej części kadłuba **F-22A** począwszy od przedniego zespołu podwozia samolotu. Pierwszy **F-22A** ukończono wiosną 1997 roku. W godzinach popołudniowych 9 kwietnia 1997 roku odbyła się ceremonia uroczystego wytoczenia samolotu ze stanowiska montażowego zorganizowana przez zespół producentów samolotu – *Lockheed Martin, Boeing* i *Pratt & Whitney*.

Na liście mówców występujących w trakcie uroczystości



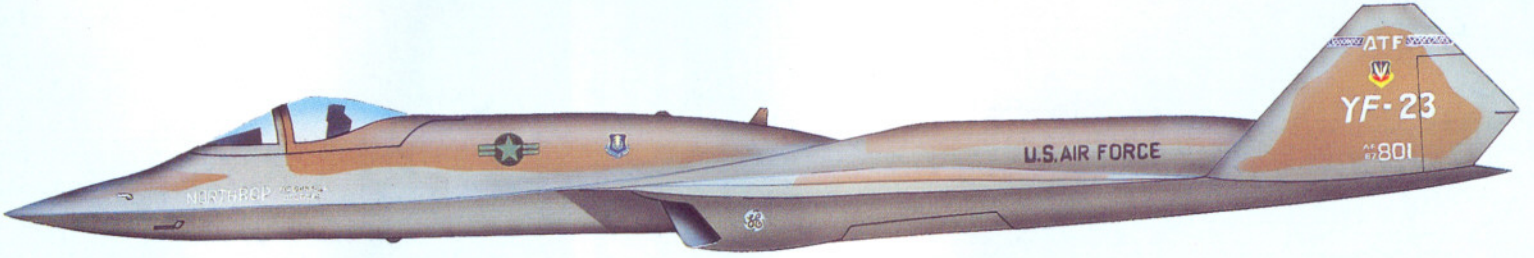
Środkowa część kadłuba F-22 ukończona w zakładach LMTAS w Fort Worth. *F-22 mid-fuselage completed in LMTAS plant in Fort Worth* **[Lockheed Martin]**

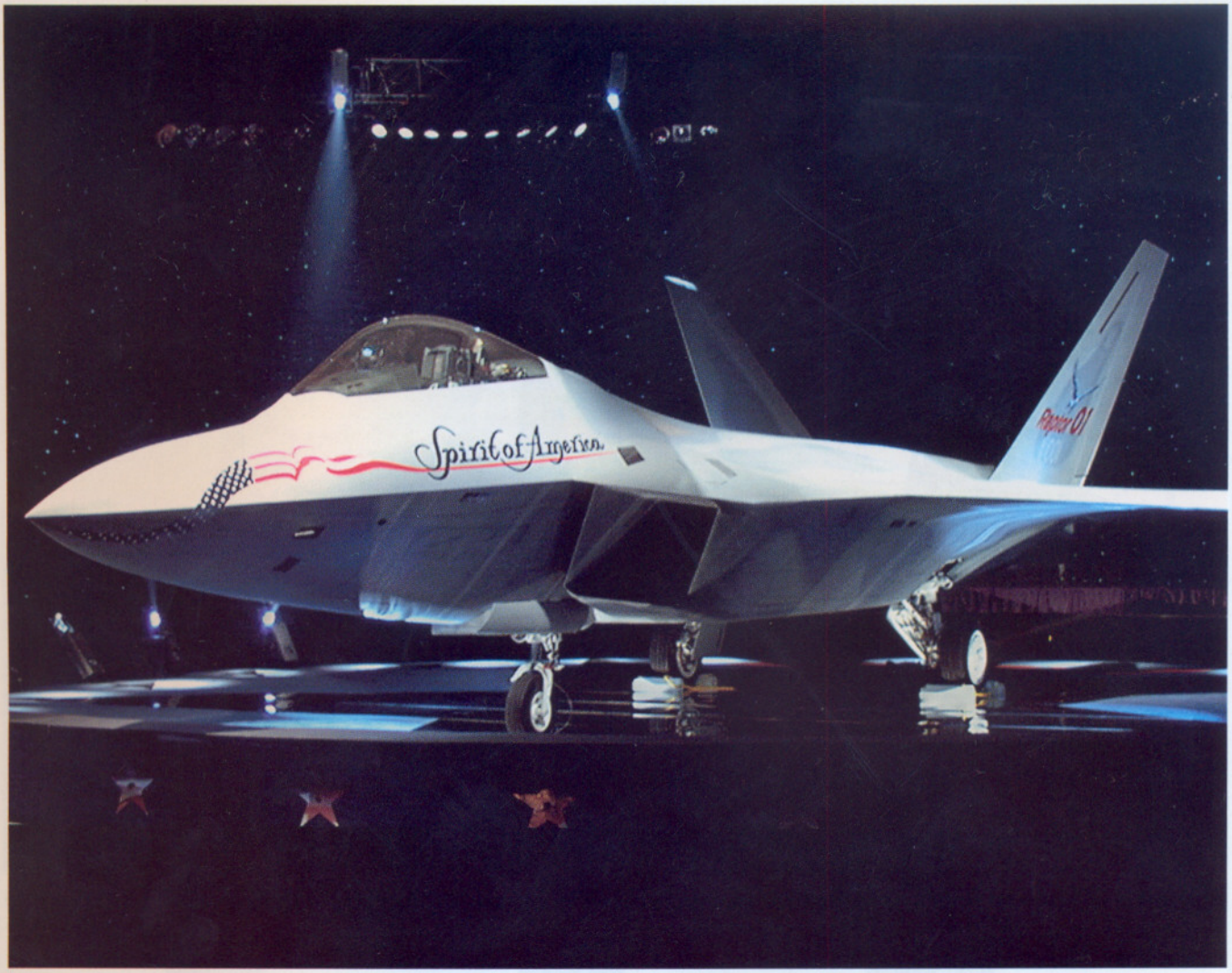
Prototyp YF-22. *The YF-22 prototype* [Lockheed Martin]



Pierwszy prototyp Northrop/McDonnel Douglas YF-23 (87-800). *The firstNorthrop/McDonnel Douglas YF-23 (87-800) prototype*

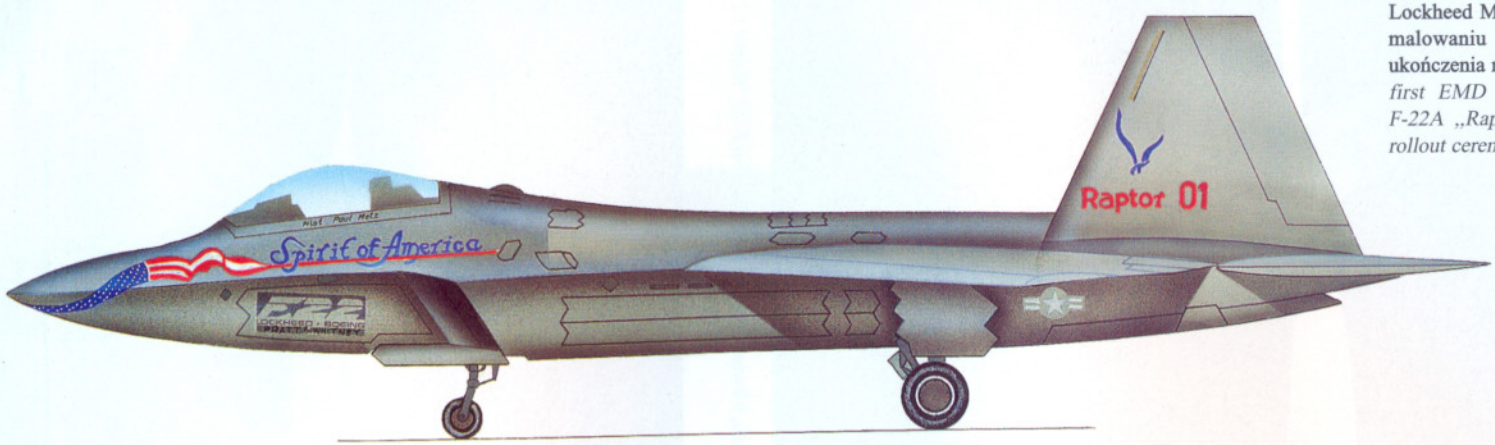
Drugi prototyp Northrop/McDonnel Douglas YF-23 (87-801). *The second Northrop/McDonnel Douglas YF-23 (87-801) prototype.*
Pierwszy prototyp YF-23A cały samolot w kolorze Gunship Gray (FS 595B 36118).
Drugi prototyp YF-23A kamuflaż dwubarwny złożony z barw:
- Dark Tan (FS 595B 30219) szarobrązowy, duże nieregularne plamy na górnych powierzchniach skrzydeł, kadłuba i usterzenia (po zewnętrzenj i wewnętrznej stronie) zajmujące ok. 70% powierzchni samolotu,
- Light Ghost (Compass) Gray (FS 595B 36375), jasnoszary, pozostałe górne powierzchnie i dolne powierzchnie.



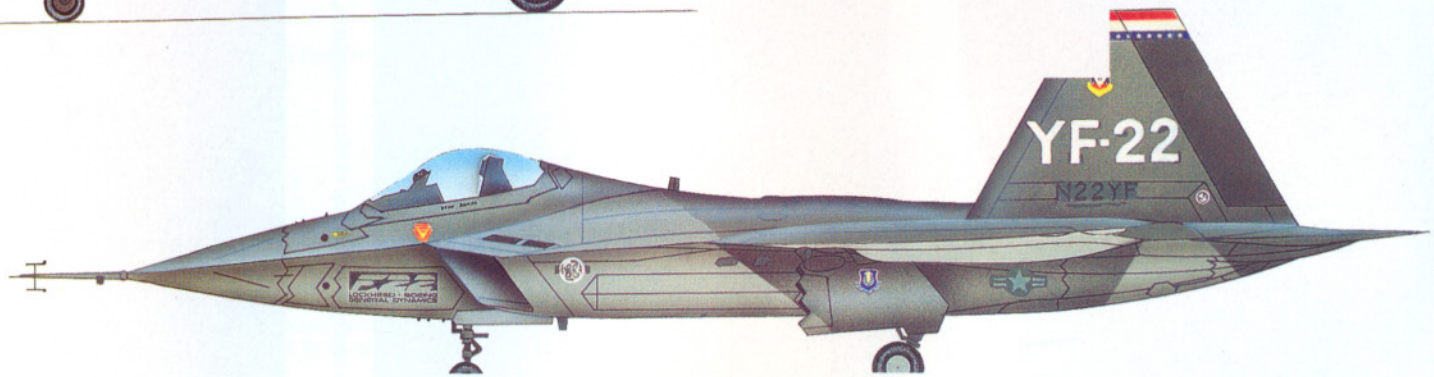


Pierwszy Lockheed Martin/Boeing F-22 „Raptor 01" podczas uroczystości z okazji ukończenia montażu, 9 kwietnia 1997 roku. *The first F-22 "Raptor 01" during rollout ceremony, 9 April 1977* [Lockheed Martin]

Prototyp YF-22. *The YF-22 prototype* [Lockheed Martin]



Pierwszy samolot fazy produkcyjnej EMD Lockheed Martin/Boeing F-22A „Raptor 01" w malowaniu okolicznościowym z okazji ukończenia montażu, 9 kwietnia 1997 roku. *The first EMD aircraft Lockheed Martin/Boeing F-22A „Raptor 01" in special camouflage for rollout ceremony, 9 April 1997*

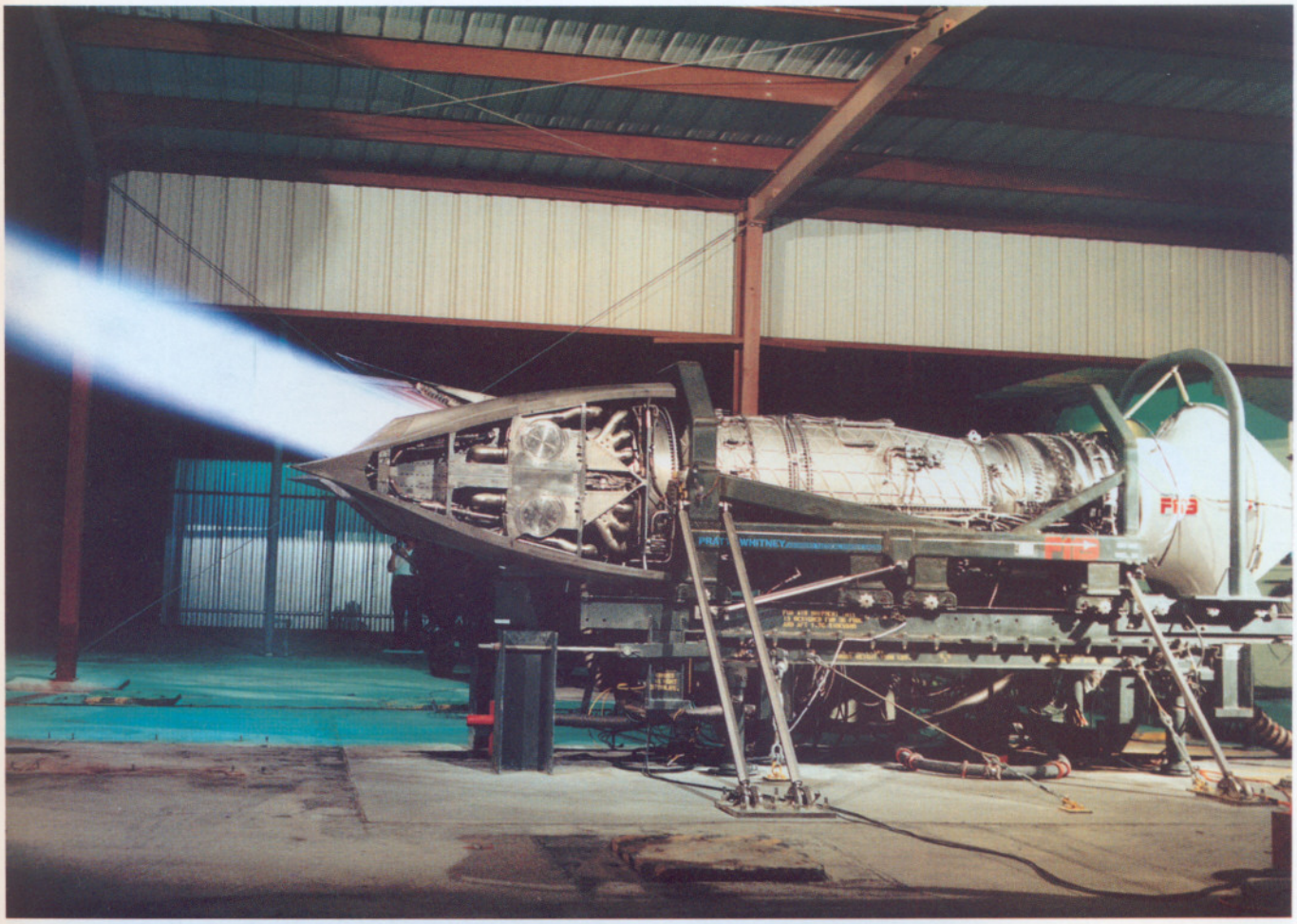


Pierwszy prototyp Lockheed Martin/Boeing YF-22 (N22YF). *The first Lockheed Martin/Boeing YF-22 (N22YF) prototype*

Drugi prototyp Lockheed Martin/Boeing YF-22 (N22YX). *The second Lockheed Martin/Boeing YF-22 (N22YX) prototype*

Oba prototypy YF-22 otrzymały malowanie kamuflażowe według następującego schematu:

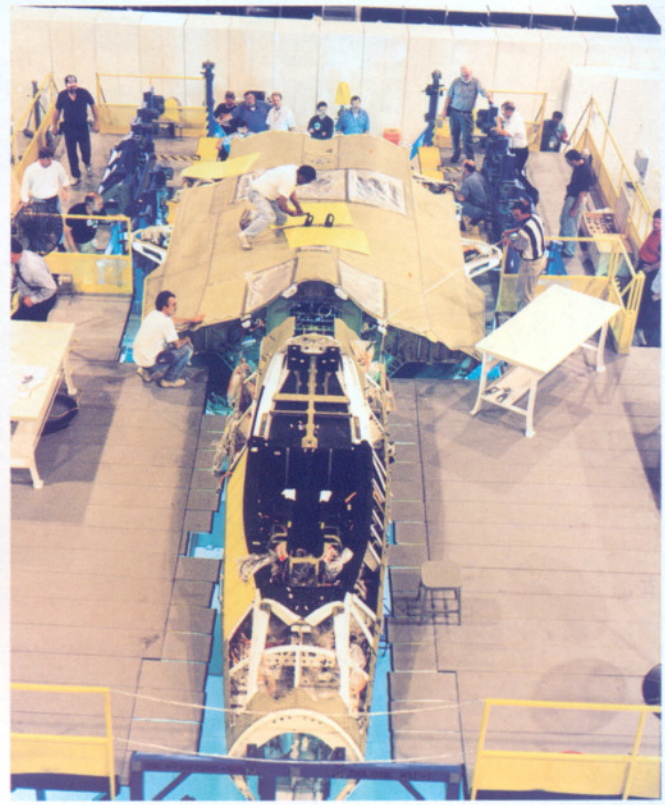
- Gunship Gray (FS 595B 36118) - ciemnoszary, górne powierzchnie skrzydeł, kadłuba i usterzenia z wyjątkiem przedniej części kadłuba samolotu,
- Dark Ghost (Compass) Gray (FS 595B 36320) - ciemnoszary z odcieniem granatowym, górna powierzchnia przedniej części kadłuba,
- Light Ghost (Compass) Gray (FS 595B 36375) - dolne powierzchnie.



Próba silnika Pratt & Whitney F119 z dyszą o regulowanym kierunku ciągu na hamowni. *Static test of Pratt & Whitney F119 engine with thrust-vectoring nozzle* [Pratt & Whitney]

Drugi prototyp YF-22 w locie próbnym z wypuszczonym podwoziem. *The second YF-22 prototype in test flight with landing gear in wheel-down position* [Lockheed Martin]

YF-22 w czasie prób w locie, 1990 rok. *YF-22 during flight tests in 1990* [Lockheed Martin]

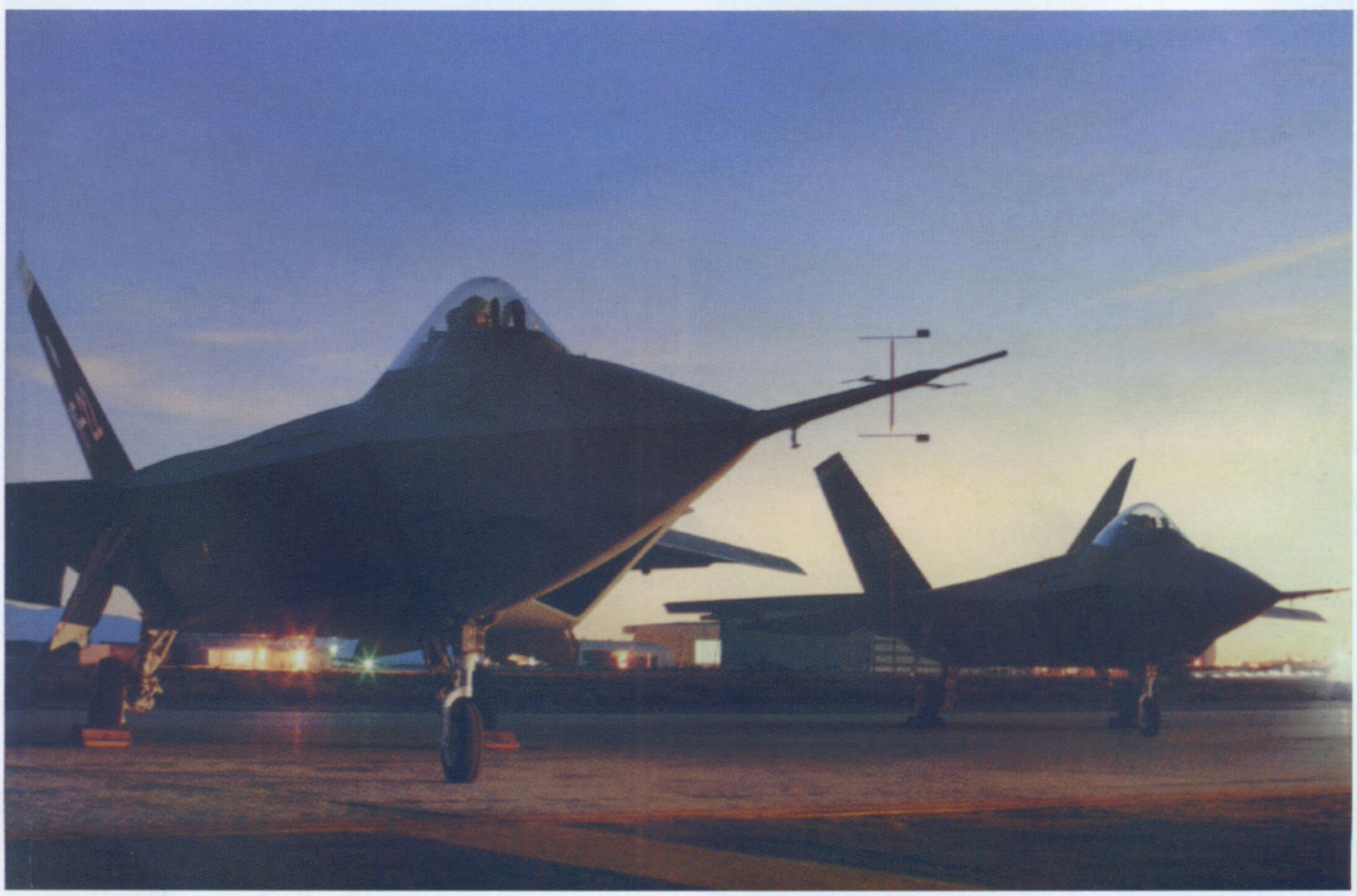


Montaż końcowy pierwszego prototypu F-22 w zakładach Lockheed Martin w Marietta. *Final assemby of the first F-22 in LMAS in Marietta* [Lockheed Martin]

Pierwszy F-22 „Raptor 01" przed malowaniem. *The first F-22 "Raptor 01" before painting* [Lockheed Martin]

Próba odpalenia pocisku AIM-9 „Sidewinder". *AIM-9 "Sidewinder" missle launch from YF-22 prototype* [Lockheed Martin]

Oba prototypy YF-23 w locie. *Both YF-23 prototypes in formation flight* [Northrop Grumman]



Prototypy YF-22. *Both YF-22 prototypes* [Lockheed Martin]

Ceremonia wytoczenia pierwszego samolotu F-22 w zakładach Lockheed Martin Aeronautical Systems w Marietta, 9 kwietnia 1997 roku. *The Lockheed Martin/Boeing F-22 „Raptor" spectacular rollout ceremony at Lockheed Martin Aeronautical Systems in Marietta, April 9 1997* **[Lockheed Martin]**

znaleźli się m.in. spiker Izby Reprezentantów Newt Ginrich, sekretarz Sił Powietrznych USA Shiela Windall, senator Paul Covdrell, senator Max Cleland, członek Izby Reprezentatów Bob Barr, szef sztabu Sił Powietrznych Ronald Foglemann, prezes Międzynarodowego Stowarzyszenia Mechaników i Pracowników Przemysłu Lotniczego George Kourpias, który w okolicznościowym przemówieniu podkreślał wpływ uruchomienia produkcji samolotu **F-22** na utrzymanie zatrudnienia w przemyśle lotniczym i prezes firmy *Lockheed Martin* Norman Augustine.

Generał Richard Hawley, stojący na czele Dowództwa Bojowych Operacji Lotniczych (ang. *Air Combat Command*) Sił Powietrznych USA – ostatecznego użytkownika **F-22,** podał do publicznej wiadomości nazwę jaką nadano nowemu myśliwcowi – **„Raptor"** (drapieżny dinozaur, po filmie *„Juraisic Park"* synonim bezwzględnego, morderczego drapieżcy). *„W dniu dzisiejszym nadajemy nazwę niezwykłemu, w istocie rewolucyjnemu, wielozadaniowemu samolotowi bojowemu"*, powiedział generał Hawley.

Samolot pokazany podczas uroczystego wytoczenia ze stanowiska montażowego jest jednym z dziewięciu „lotnych" **F-22A**, jakie zostaną wyprodukowane w ramach realizowanego obecnie kontraktu fazy *EMD*.

Samolot 4001 (nazywany **Aircraft 4001** lub **„Raptor 01"**). Po oficjalnej prezentacji samolot został odholowany do stanowiska malarskiego, na którym usunięto okolicznościowe malowanie naniesione z okazji uroczystości a obejmujące m.in. wstęgę w barwach narodowych USA namalowaną na nosie samolotu i napis *„Spirit of America"*). Potem samolot otrzymał malowanie do prób w locie. Ponadto zbiorniki samolotu napełniono paliwem i przystąpiono do zlokalizowania wykrytego wcześniejwycieku paliwa ze zbiornika.

Pierwszą próbą związaną z przygotowywanym programem testów w locie było sprawdzenie biegu jałowego silników *Pratt & Whitney F119-PW-100* podczas postoju na ziemi, próbę wykonano w kwietniu 1997 roku. Kolejno zaplanowano serię prób silników z różnymi poziomami siły ciągu silników – od biegu jałowego do pracy z maksymalnym ciągiem z włączonymi dopalaczami.

W pierwszych dwóch tygodniach maja 1997 roku przeprowadzono testy oddziaływań elektromagnetycznych dla sprawdzenia, czy poszczególne urządzenia awioniki samolotu nie zakłócają wzajemnie swojej pracy. Próby te prowadzono przy podłączeniu samolotu do zasilania zewnętrznego.

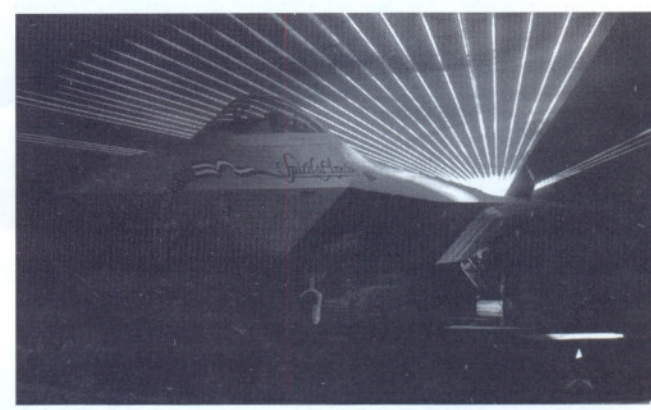
Bezpośrednim przygotowaniem do prób w locie były próby kołowania mające na celu sprawdzenie układu sterowania przedniego zespołu podwozia, układu hamulcowego i haka hamującego.

Pierwotnie wykonanie pierwszego lotu **„Raptora 01"** zaplanowano na 27-29 maja 1997 roku. Samolot miał wystartować z lotniska wojskowego Dobbins *Air Reserve Base* sąsiadującego z zakładami firmy *Lockheed Martin* w Marietta pilotowany przez oblatywacza Paula Metza. Do chwili złożenia książki w Wydawnictwie pierwszy lot nie odbył się.

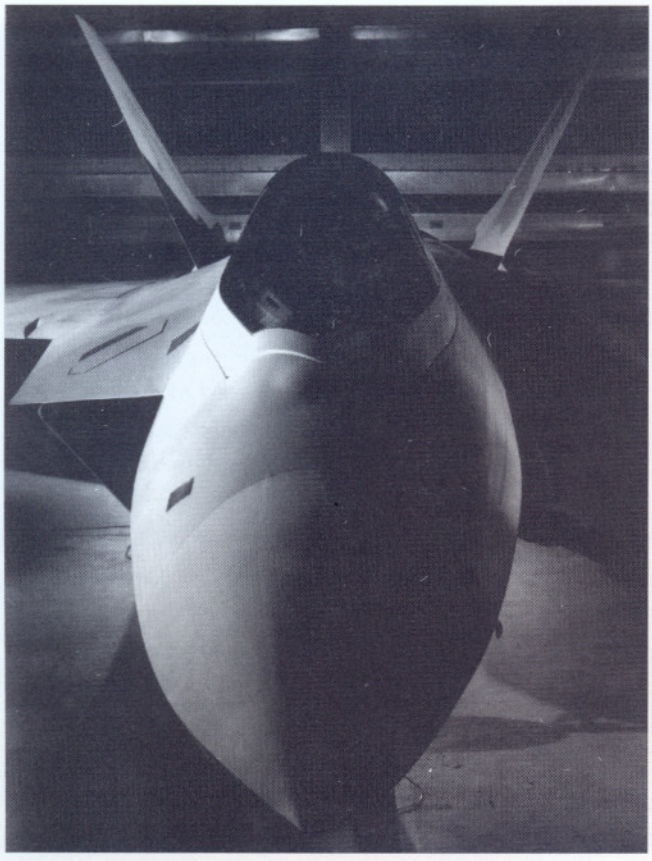
Po wykonaniu pierwszych kilku lotów sprawdzających ogólne właściwości lotne samolotu **„Raptor 01"** zostanie uziemiony na kolejne kilka miesięcy, podczas których wykonae zostaną kolejne przygotowania do prób w locie i dalsze próby naziemne. Z samolotu zdemontowane zostaną wszystkie ruchome stery aerodynamiczne oraz pokrywy komór uzbrojenia. Samolot zostanie umieszczony na stanowisku badawczym, na którym będzie poddawany obciążeniom występującym podczas lotu. Następnie samolot zostanie ponownie zmontowany i otrzyma końcowy standardowy schemat malowania. Po wykonaniu serii prób naziemnych samolot przeleci do bazy Edwards w Kalifornii, gdzie będą kontynuowane próby w locie. Program prób w locie obejmuje badanie własności lotnych, flateru i charakterystyki obciążeń.

Awionika pierwszego samolotu seryjnego otrzymała oprogramowanie w wersji podstawowej *Block 0*, obejmującej 89 tysięcy linii programu z całego oprogramowania systemu komputerowego obejmującego 272 tysięcy linii kodu. Oprogramowanie to realizuje podstawowe funkcje awioniki włączając w to system nawigacyjny *„Tacan"*.

Samolot 4002. Pierwszy lot zapowiedziany jest na początek 1998 roku. Samolot będzie wykorzystany do dalszych prób osiągów, prób oddzielania w locie uzbrojenia wymiennego oraz oceny śladu samolotu w podczerwieni i podatności samolotu na środki walki radioelektronicznej.



Pokaz świateł laserowych podczas uroczystości w Marietta. *Laser-light show during rollout ceremony in Marietta* **[Lockheed Martin]**



Lockheed Martin/Boeing F-22 „Raptor 01". *Lockheed Martin/Boeing F-22 „Raptor 01" - front view* **[Lockheed Martin]**

Samolot 4003. Jego ukończenie nastąpi 16 miesięcy po ukończeniu pierwszego **F-22A**, najprawdopodobniej w trzecim kwartale 1998 roku. Samolot wykorzystany zostanie do prób obciążeń, lądowań przy wietrze bocznym, oceny haka do chwytania lin hamujących służących do skracania dobiegu po lądowaniu i badań wewnętrznych komór uzbrojenia.

Samolot 4004 rozpocznie próby ok. kwietnia 1999 r. i zostanie przydzielony do prób awioniki. Będzie to pierwszy samolot fazy *EMD*, który będzie latać z komputerem pokładowym *CIP* (ang. *Common Integrated Processor*) firmy *Hughes*. Planuje się zastosowanie oprogramowania *Block 1* liczącego 866 tysięcy linii, z czego na awionikę ma przypadać 683 tysięcy linii. Oprogramowanie to obejmować ma również obsługę radaru i systemu lądowania według przyrządów *ILS* (ang. *Instrument Landing System*). Planuje się wykorzystanie go także do oceny niskiej obserwowalności samolotu, w tym do oszacowania jego przekroju radarowego oraz śladu w zakresie promieniowania podczerwonego.

Samolot 4005 wykorzystany zostanie od połowy 1999 roku do badań związanych z rozwojem awioniki.

Samolot 4006 również posłuży do badań awioniki. Ma on rozpocząć loty w czwartym kwartale 1999 roku. Być może bądzie po pierwszy samolot z oprogramowaniem w wersji *Block 2*. Oprogramowanie obejmie 1204 tysięcy linii programu, w tym 1021 tysięcy linii awioniki. Oprogramowanie *Block 2* sterować będzie systemami walki radioelektronicznej.

Samolot 4007. Zgodnie z pierwotnymi założeniami miał to być pierwszy samolot w dwumiejscowej wersji szkolno-bojowej **F-22B**. W połowie 1996 roku podjęto decyzję o rezygnacji z tej wersji. Zakładano, że próby tego samolotu dotyczyć będą zmienionej konfiguracji płatowca a szczególnie oceny rozkładu obciążeń strukturalnych. Następnie samolot miał zostać przekazany do prób awioniki.

Samolot 4008 zostanie włączony do programu prób wiosną 2000 roku. Posłuży on także do zadań związanych z rozwojem awioniki, a także oceny danych związanych z obserwacją w warunkach słabej widoczności.

Samolot 4009. W pierwotnych założeniach miał to być samolot wersji **F-22B**. Planowano prowadzenie prób awioniki i obserwacji.

Na tych samolotach zostanie przetestowane oprogramowanie *Block 3* (stanowiące standard do zastosowania w samolotach seryjnych). Program ten składać się będzie z 1553 tysięcy linii, w tym 1373 tys. linii związanych z obsługą awioniki.

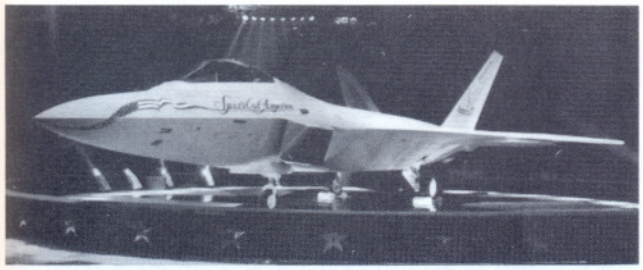
W ramach fazy *EMD* wyprodukowane zostaną dodatkowo dwa płatowce do badań naziemnych: oznaczony numerem ewidencyjnym *3999* do prób obciążeń statycznych oraz oznaczony numerem *4000* do prób zmęczeniowych.

Faza *EMD* trwać ma do marca 2003 roku i kosztować łącznie 18,7 mld USD.

F-22A – SAMOLOTY SERYJNE

W styczniu 1997 roku program **F-22** poddano kolejnej restrukturyzacji. Zrezygnowano z produkcji czterech samolotów weryfikacji przedprodukcyjnej *PPV* (ang. *Pre-Production Verification*), które w założeniu wypełnić miały lukę pomiędzy samolotami fazy *EMD* a początkowymi samolotami seryjnymi *LIRP* (ang. *Low-Rate Initial Production*). Spowodowało to zmniejszenie liczby samolotów seryjnych z 442 do 438. Równocześnie faza *LIRP* została wydłużona z 4 do 5 lat, a liczbę samolotów jaka ma być w niej wyprodukowana zredukowano do 70. Pierwotnie planowano, że cztery samoloty *PPV* (o numerach 4101-4013) posłużą do wykonania większości wojskowych prób użytkowych. Jeden z tych samolotów miał być poddany badaniom w laboratorium klimatycznym w bazie Eglin *AFB* na Florydzie w komorach niskich i wysokich

W ceremonii wytoczenia pierwszego samolotu F-22 w zakładach Lockheed Martin Aeronautical Systems w Marietta uczestniczyło blisko trzy tysiące osób. *TThree thousand people attended in F-22 „Raptor" spectacular rollout ceremony at Lockheed Martin Aeronautical Systems in Marietta* **[Lockheed Martin]**



Pierwszy z wielu. Ceremonia wytoczenia pierwszego samolotu F-22 w zakładach Lockheed Martin Aeronautical System w Marietta. *The first of the many. F-22 made its debut in world-class fashion in Marietta* **[Lockheed Martin]**

temperatur. Zamiast samolotów *PPV* w programie tym planuje się obecnie wykorzystać ostatnie dwa samoloty fazy *EMD* i dwa pierwsze samoloty *LRIP*.

Pierwsze **F-22** osiągną stan wstępnej gotowości operacyjnej (*IOC – Initial Operational Capability*) w 2004 roku.

W kwietniu 1995 roku zespół firm *Lockheed Martin* i *Boeing* otrzymał 24-miesięczny kontrakt Sił Powietrznych na opracowanie potencjalnych wersji rozwojowych samolotu **F-22**. Prace skupiły się na takich możliwych zastosowaniach jak wersje do wykonywania precyzyjnych uderzeń na cele naziemne, rozpoznania elektronicznego i obezwładniania obrony przeciwnika. Interesujący jest fakt, że ewentualne wersje rozwojowe **F-22** mogące w przyszłości zastąpić samoloty **MDD F-15E „Strike Eagle"** przeznaczone do wykonywania zadań szturmowych na małej wysokości w każdych warunkach atmosferycznych, będą samolotami jednomiejscowymi, gdyż nie planuje się rozwoju wersji dwumiejscowej **F-22B**.

Osobnym zagadnieniem jest rynek zamówień eksportowych. Najprawdopodobniej potencjalnymi odbiorcami **F-22** będą przede wszytstkim najbogatsze kraje zachodnie będące najbliższymi sojusznikami USA. Może się jednak okazać, że klub użytkowników **F-22** będzie równie skromny co kluby użytkowników **F-15** (USA, Japonia, Arabia Saudyjska, Izrael) czy **F-14** (USA i Iran – jeszcze za czasów szacha).

Wydaje się, że w chwili obecnej ewentualnymi najpoważniejszymi piewszymi odbiorcami zagranicznymi **F-22** są Izrael i Korea Południowa. Zespół firm *Lockheed Martin* i *Boeing* oczekuje, że poziom sprzedaży eksportowej **F-22** osiągnąć może 12 samolotów rocznie, co w połączeniu z 48 samolotami produkowanymi dla *US Air Force* przyczyni się do znaczącego zmniejszenia kosztów produkcji.

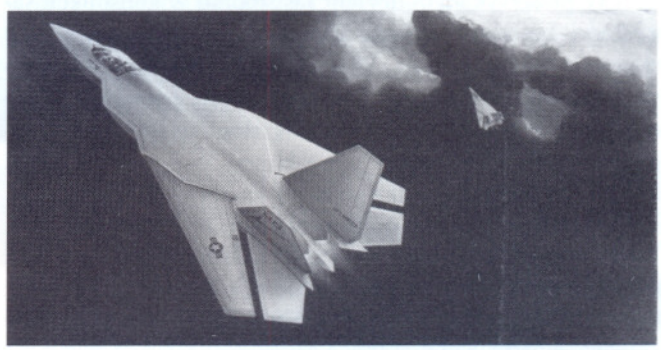
NATF I A/F-22X – NASTĘPCY DLA F-14 I A-6?

Marynarka Wojenna Stanów Zjednoczonych niemal od początku programu nakłaniana była przez polityków do adaptacji myśliwca **ATF** opracowywanego dla sił powietrznych także dla potrzeb lotnictwa pokładowego *USN*. Marynarka mająca ambicje rozwoju własnego samolotu zgodziła się na to z oporami. W ramach fazy *Dem/Val* wydatkowano ok. 1,2 mld. USD na prace związane z morską wersją samolotu **ATF** nazwaną **NATF** (ang. *Navy Advanced Tactical Fighter*). Zapotrzebowanie *US Navy* na samoloty **NATF** oceniono na 546 egzemplarzy, ograniczając je jednak wkrótce po zakończeniu zimnej wojny do 384. Redukcje budżetu spowodowały przerwanie prac z opcją ewentualnego ich wznowienia po 1997 roku.

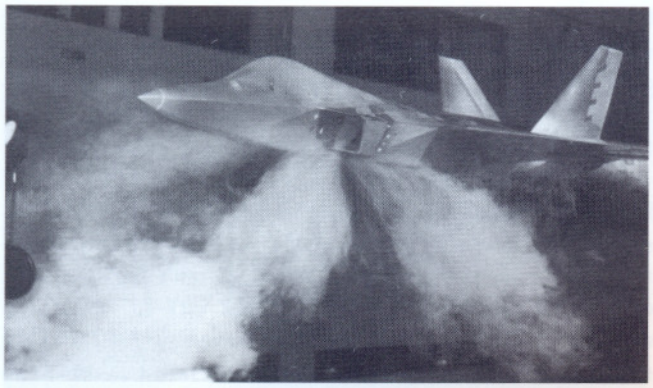
Po anulowaniu programu nowego samolotu szturmowego *US Navy* **General Dynamics / McDonnell Douglas A-12** w 1991 roku zaczęto poważnie rozważać możliwość modyfikacji samolotu wyłonionego w konkursie **ATF** na nowy samolot szturmowy marynarki, oznaczony roboczo **AX** (później **A/F-X**), mogący stać się następcą dla samolotu **Grumman A-6 „Intruder"**. Obok obu prototypów **ATF** (**YF-22** i **YF-23**) brano pod uwagę także uproszczony wariant anulowanego **A-12**, modernizację samolotu **F-14,** a także zupełnie nową konstrukcję. Zgodnie z wymaganiami *US Navy* promień działania samolotu **AX** określono na 1300 km z możliwością przenoszenia 2040 – 3630 kg uzbrojenia w komorach wewnętrznych i dodatkowo 1818 – 3400 kg na zewnętrznych belkach podwieszeń. Załoga samolotu składać się miała z dwóch osób.

Programy **NATF** i **A/F-X** zostały anulowane i kontrakty *Lockheeda* i innych sześciu firm pracujących nad nimi wygasły 17 grudnia 1993 roku. Nie zrażona tym firma *Lockheed Martin* prowadziła prace nad projektem samolotu pod oznaczeniem **A/F-22X** jako następcy dla samolotu **Grumman A-6 „Intruder"** w oczekiwaniu na podjęcie przez *USN* decyzji dotyczącej ewentualnej kontynuacji programu **A/F-X**.

Projekt **F/A-22X** przewidywał, że pokładowy samolot myśliwsko-szturmowy powstały na bazie konstrukcji **F-22** charakteryzować się będzie podobnymi wymiarami co współczesny myśliwiec marynarki **F-14**. Samolot ma być wyposażony w skrzydła o zmiennej geometrii i dysze silników o regulowanym kierunku wektora ciągu. Rozpiętość skrzydeł maksymalnie rozsuniętych (skos 16 stopni) wynosić ma 20,62 m, rozpiętość skrzydeł maksymalnie zsuniętych (skos 71 stopni) 11,33 m, długość 18,80 m, wysokość 4,52 m. Samolot ze skrzydłami ustawionymi w położeniu z największym skosem do hangarowania na lotniskowcu (tzw. ang. *oversweep*) wynoszącym 77 stopni będzie zajmować tylko nieco więcej miejsca niż obecny **F/A-18 „Hornet"**. Usterzenie będzie miało podobny układ jak w **F-22** z dwoma statecznikami poziomymi o skosie 55 stopni i dwoma statecznikami pionowymi o skosie 55 i wzniosie 60 stopni. Zespół napędowy samolotu stanowić miałyby dwa silniki turbowentylatorowe *Pratt & Whitney PW7000* (o ciągu 2 x 112,5 kN) stanowiące wersję rozwojową instalowanych w **F-22** silników *F119*. Podwozie **A/F-22X**



Rysunek przedstawiający projekt samolotu NATF dla US Navy. Samolot posiada skrzydła o zmiennej geometrii. Zastosowanie takiego układu skrzydeł wymagało znacznych zmian konstrukcyjnych. *The NATF drawing – which is the proposed Navy version of the F-22. Need for variable-sweep wing caused a major redesign of the entire aircraft* **[Lockheed Martin]**



Podczas konstruowania samolotu Lockheed Martin/Boeing F-22 wykono tysiące godzin badań w tunelu aerodynamicznym. *Thousands of hours of wind tunnel tests were made during development of the F-22* **[Lockheed Martin]**

zaplanowano znacznie wzmocnione w porównaniu do **F-22**, co podyktowane jest wysokimi obciążeniami podczas startów i lądowań na lotniskowcu. Uzbrojenie wymienne samolotu miało być przenoszone wyłącznie w czterech komorach wewnętrznych. Komory uzbrojenia powinny pomieścić pociski mniejsze lub równe rozmiarami współczesnym pociskom powietrze – woda *AGM-84 „Harpoon"*. Około 20 procent części samolotu miało być wymienne z **F-22**.Zaplanowano, że połowa rozwiązań technologii produkcji nowego samolotu marynarki będzie identyczna z **F-22**.

Obecnie rozwój wersji morskich **F-22** nadal stoi pod znakiem zapytania.

KONSTRUKCJA SAMOLOTU YF-22/F-22

Lockheed Martin / Boeing YF-22/F-22 jest dwusilnikowym, jednomiejscowym samolotem myśliwskim w układzie średniopłata.

Samolot ma kształt zoptymalizowany z punktu widzenia uzyskania niskiej obserwowalności – zmniejszenia możliwości wykrycia przez radar i detektory podczerwieni. Udało się to osiągnąć poprzez odpowiednie ukształtowanie bryły płatowca i dużemu udziałowi materiałów konstrukcyjnych i powłok (farb) pochłaniających mikrofale *RAM* (ang. *Radar Absorbent Materials*).

W niespotykanym dotychczas stopniu w konstrukcji samolotów bojowych stopniu wykorzystano w budowie **F-22** materiały kompozytowe. W prototypach **YF-22** udział poszczególnych materiałów konstrukcyjnych przedstawiał się następująco: stopy aluminium: 33%, stopy tytanu 24%, kompozyty termoplastyczne z włóknami grafitowymi 13%, kompozyty termoutwardzalne w włóknami grafitowymi 10%, stal 5%, zaawansowane stopy aluminium 2%, pozostałe 13%.

W seryjnych **F-22** przednia część kadłuba składa się z 50% kompozytów i 50% ze stopów aluminium: środkowa część kadłuba złożona jest z 30% z kompozytów i 30% ze stopów aluminium, 30% tytanu i 10% innych materiałów: tylna część kadłuba składa się z 55% procentów z tytanu dla uzyskania odpowiedniej odporności na wysokie temperatury. Skrzydła samolotu składają się w 47 procentach z tytanu i 38 procentach z kompozytu z włóknami węglowymi. Wagowo płatowiec **F-22** fazy *EMD* składa się w 36% ze stopów tytanu typu *6-Q2*, w 23% z materiałów kompozytowych, w 15% ze stopów aluminium i w 14% pozostałych materiałów. Zarzucono pierwotnie planowane szerokie użycie materiałów termoplastycznych w konstrukcji płatowca (stanowią one zaledwie około 1% zamiast planowanych 27-28%). Docelowy stosunek ciągu do masy samolotu wynosi 1,4. Przy maks. masie startowej zmniejsza się on do 1,2. Ogólne gabaryty **F-22** są zbliżone do wymiarów samolotu **F-15**, co podyktowane jest m. in. standardowymi rozmiarami hangarów i podziemnych schronów.

Skrzydła o obrysie trapezoidalnym o zbieżności 0,169, bez wzniosu. Skos krawędzi natarcia skrzydeł 48 stopni w **YF-22**, zmniejszony do 42 stopni w **F-22**. Wydłużenie skrzydeł 2,20 w **YF-22** i 2,36 w **F-22**. Skos krawędzi spływu (skośnej do przodu) 17 stopni. W **YF-22** krawędź spływu prosta, w **F-22** załamana pod kątem 42 stopni pomiędzy końcem lotki a końcówką równoległą do osi symetrii. Ujemny wznios przy krawędzi natarcia 3,25 stopnia. Skręcenie przy nasadzie 0,5 stopnia, przy końcówce -3,1 stopnia. Grubość względna profilu 5,92 przy nasadzie i 4,29 przy końcówce. Zastosowano specjalnie opracowany profil płata.

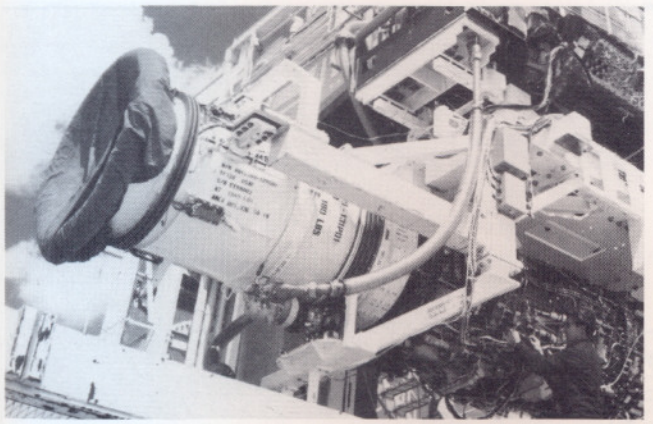
Skrzydła mają konstukcję wielodźwigarową z dźwigarami obrabianymi skrawaniem z tytanowych odkuwek. Pozostała część konstrukcji skrzydeł w tym żebra to elementy kompozytowe. W prototypach **YF-22** zastosowano w wiekszości kompozyty termoplastyczne, które w **F-22** zastąpiono tańszymi materiałami termoutwardzalnymi.

Mechanizacja skrzydeł obejmuje zewnętrzne jednoczęściowe lotki i duże wewnętrzne (tj. położone pomiędzy lotkami a kadłubem) jednoczęściowe klapolotki, zajmujące całą praktycznie krawędź spływu oraz klapy noskowe. Lotki wychylane są +/- 20 stopni do góry i do dołu. Klapolotki wychylane są w zakresie 20 stopni do góry i 40 stopni do dołu. Klapy noskowe wychylane są o kąt 3 stopni do góry i 35 stopni do dołu (możliwe jest przekroczenie tego zakresu – tzw. ang. *overtravel*: do 5 stopni w górę i 35 stopni w dół).

Kadłub ma konstrukcję mieszaną, modułową. Jego przekrój jest zbliżony do pięciokątnego. Po bokach kadłuba wloty powietrza o przekroju czworokątnym. Konstrukcja kadłuba jest modułowa i technologicznie dzieli się na część przednią, środkową i tylną. Konstrukcja kadłuba została zoptymalizowana z punktu widzenia ułatwienia obsługi naziemnej bez użycia drabinek i pomocniczych pomostów. W dziobowej części kadłuba mieszczą się dwa przedziały awioniki. Zainstalowane w standardowych modułach systemy awioniki mają wspólny układ chłodzenia cieczą.

Poszycie kadłuba wykonane jest w większości z materiałów kompozytowych. Podstawowy myateriał stanowią kompozyty grafkitowo-bismalemidowe. W pobliżu wlotów powietrza zastosowano kompozyty z żywic epoksydowych. Kompozyty termoplastyczne wykorzystano w miejscach odpornych na uszkodzenia.

Usterzenie ogonowe złożone jest z dwóch stateczników pionowych i dwóch stateczników poziomych. Powierzchnia



Silnik General Electric F120 na stanowisku prób statycznych. W wersji dla YF-22 otrzymał on dyszę o regulowanym kierunku ciągu. *General Electric F120 engine mounted on the static test-bed., it was equipped with a thrust-vectoring exhaust nozzle assemby for installation on the first*

stateczników pionowych w **F-22** została zmniejszona o 18 procent w stosunku do **YF-22**. Stateczniki odchylone od pionu na zewnątrz o kąt 28 stopni. Skos krawędzi natarcia 22,9 stopni do tyłu zaś krawędzi spływu 22,9 stopni do przodu. Profil stateczników pionowych – dwuwypukły. Stery kierunku wychylane o kąt maks. +/- 30 stopni. Wychylone różnicowo na zewnątrz względem osi symetrii (maks. 30 stopni) pełnią one rolę hamulców aerodynamicznych. Stateczniki poziome płytowe (obracane w całości) o skosie krawędzi natarcia 48 stopni w **YF-22**, zmniejszonym do 42 stopni w F-22, bez wzniosu i skręcenia. Obrys statecznika zmieniony z czworokątnego w **YF-22** na pięciokątny w **F-22**. Stateczniki poziome wychylane o kąt 30 stopni do góry i 25 stopni do dołu.

Wysięgniki, do których mocowane jest usterzenie wykonane technologią spawania wiązką elektronów. Stateczniki z pokryciem z kompozytów bismaleimidowych i wypełniaczem aluminiowym typu plaster miodu.

Podwozie trójzespołowe wciągane w locie firmy *Menasco*. Podwozie przystosowane jest do lądowania z pionową składową wektora prędkości do 3,05 m/s. Wszystkie zespoły jednokołowe. Zespół przedni wciągany do komory w przedniej części kadłuba w kierunku do tyłu. Komora zamykana dwudzielnymi pokrywami. Główne zespoły podwozia wciągane do komór umieszczonych po bokach wlotów powietrza do silników. Opona przedniego zespołu podwozia o wymiarach 23,5 x 7,5; 10-warstwowa. Opony zespołów głównych o wymiarach 37 x 11,5; 18-warstwowe.

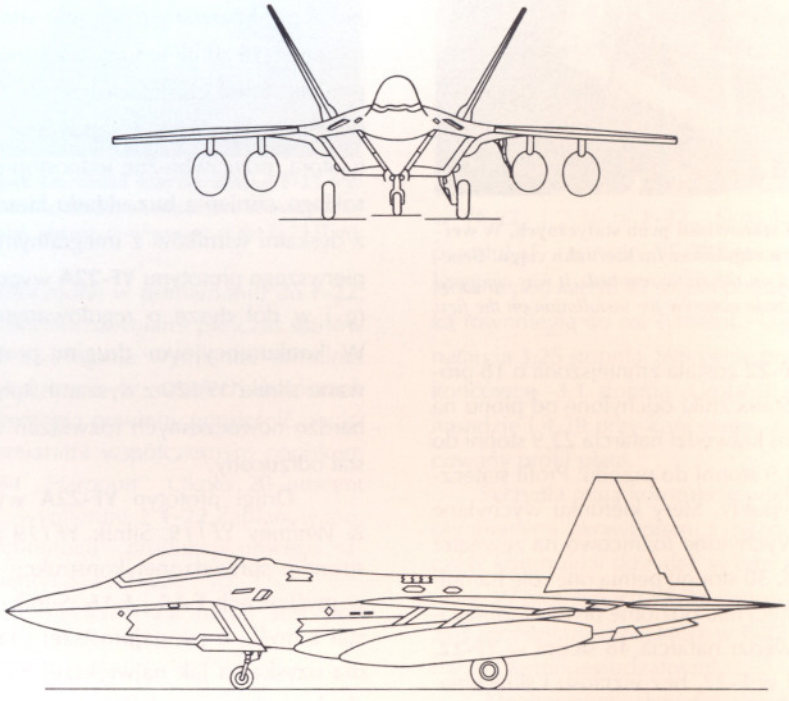
Zespół napędowy samolotu stanowią dwa dwuprzepływowe silniki turbowentylatorowe z dopalaczami o ciągu ok. 2 x 155 kN.

W prototypach **YF-22A** przetestowano dwa typy silników.

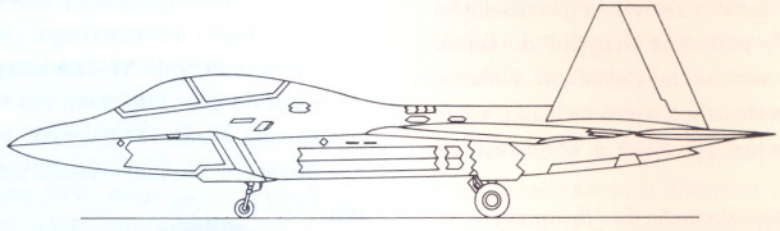
Pierwszy prototyp otrzymał silniki *General Electric YF120*. Jest to silnik zaprojektowany od podstaw, specjalnie dla programu **ATF**. Zastosowano w nim tzw. technologię zmiennego obiegu (ang. *Variable Cycle Technology*). Rozwiązanie to pozwala na pracę silnika przy prędkościach naddźwiękowych jako jednoprzepływowego – turbowentylatorowego, zaś przy prędkościach poddźwiękowych jako dwuprzepływowego – turbowentylatorowego, o bardzo korzystnej charakterystyce zużycia paliwa. Zastosowanie najnowszych osiągnięć technologii materiałowej umożliwiło znaczne podwyższenie stosunku ciągu do masy silnika, do poziomu nie spotykanego dotąd w silnikach wytwarzanych przez firmę *General Electric*. W porównaniu z produkowanym seryjnie silnikiem *F110-GE-100* dla samolotu **F-16** silnik ten ma o 25 procent mniej części i aż o 65 procent mniej części wirujących. Charakterystycznymi cechami silnika *YF120* są: zastosowanie wydrążonych łopatek wentylatora, przeciwbieżne jednostopniowe turbiny niskiego i wysokiego ciśnienia bez układu kierownic oraz układ sprężarek z dyskami wirników z integralnymi łopatkami. Silniki *YF120* pierwszego prototypu **YF-22A** wyposażono w odchylane w górę i w dół dysze o regulowanym kierunku wektora ciągu. W konkurencyjnym drugim prototypie **YF-23A** zainstalowano silniki *YF120* z dyszami stałymi. Pomimo zastosowania bardzo nowoczesnych rozwiązań technicznych silnik ten został odrzucony.

Drugi prototyp **YF-22A** wyposażono w silniki *Pratt & Whitney YF119*. Silnik *YF119* powstał na bazie wszechstronnie sprawdzonej konstrukcji silnika *F100* stosowanego w myśliwcach **F-15** i **F-16**. Silnik *YF119* skonstruowany został z myślą o jak najprostszej i jak najmocniejszej budowie dla uzyskania jak największej niezawodności i łatwości obsługi zgodnie z podejściem zwanym zintegrowanym rozwojem produktu *IPA* (ang. *Integrated Product Approach*), służącym utrzymaniu równowagi pomiędzy osiągami, bezpieczeństwem, niezawodnością i niskim kosztem eksploatacji w całym okresie użytkowania. Zastosowano 3-stopniowy wentylator z łopatkami o dużej cięciwie. Sprężarka wielostopniowa z wirnikami z integralnymi łopatkami wiruje w kierunku przeciwnym do wentylatora. Krótka komora spalania, pierścieniowa z intensywnym, bezdymnym procesem spalania. Turbiny wysokiego i niskiego ciśnienia jednostopniowe, przeciwbieżne. Dopalacz z pojedynczym pierścieniem kolektora wtryskiwaczy umieszczony jest w strefie mieszania przepływu wewnętrznego i zewnętrznego. Silniki *YF119* zainstalowane w drugim prototypie **YF-22A** otrzymały dysze odchylane +/- 20 stopni do góry i do dołu, zaś silniki w pierwszym **YF-23A** dysze stałe. Silnik *YF119* został wybrany do dalszego rozwoju i produkcji seryjnej. Wersja seryjna dla **F-22A** oznaczona jest *F119-PW-100*.

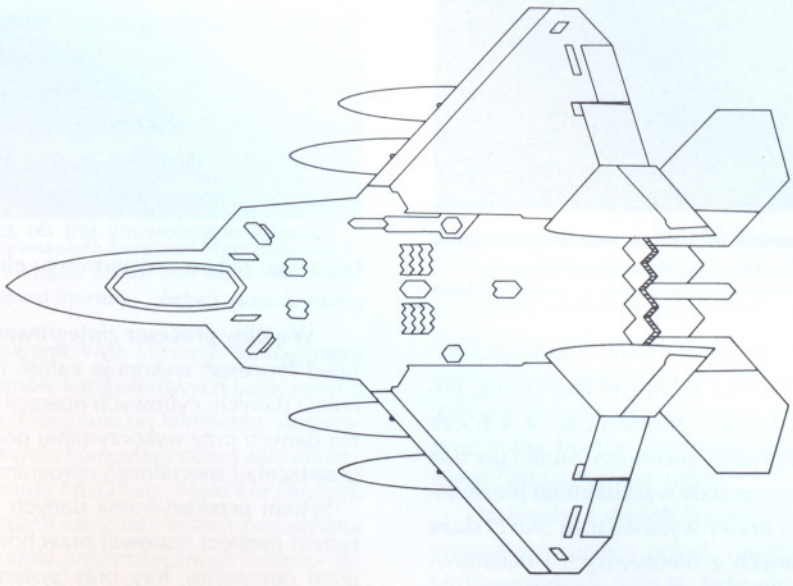
Wyposażenie kabiny. W prototypach **YF-22A** zastosowano fotel wyrzucany typu *Weber* klasy zero-zero. W seryjnych **F-22A** instalowany będzie zmodyfikowany fotel wyrzucany *McDonnell Douglas ACES II*. Udoskonalony ubiór przeciwprzeciążeniowy pilota z układem oddychania ciśnieniowego. Kąt widoczność ponad nosem kadłuba z fotela pilota wynosi - 15 stopni. Wyposażenie kabiny pozwala na prowadzenie walki powietrznej bez odrywania rąk od drążka sterowego i dźwigni regulacji ciągu (*HOTAS* – ang. *Hands On Throttle And Stick*). Na tablicy przyrządów **F-22** zainstalowane są cztery barwne,



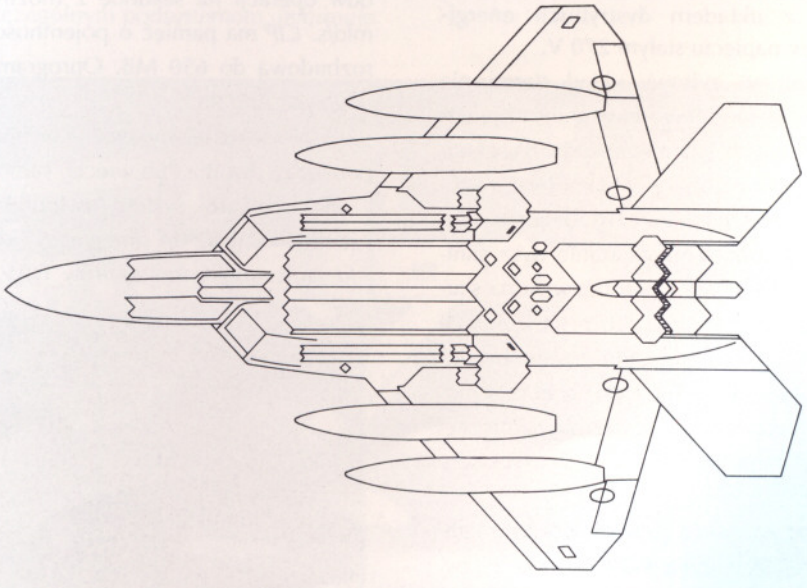
F-22A „Raptor" 1:144



F-22B 1:144



F-22A „Raptor" 1:144



Cztery barwne ekrany wyświetlaczy w kabinie samolotu Lockheed Martin/Boeing F-22 „Raptor". *The Lockheed Martin/Boeing F-22 "Raptor" cockpit with four color multi-function display system* **[Lockheed Martin]**

ciekłokrystaliczne monitory ekranowe firmy *Sanders/Kaiser*: dwa podstawowe 6 x 6 cali (15,24 x 15,24 cm) *PMFD* (ang. *Primary Multi Function Display*) i dwa pomocnicze 4 x 6 cali (10,16 cm x 15,24 cm) *SMFD* (ang. *Secondary Multi Function Display*). Monitory *PMFD* służą przede wszystkim do prezentacji sytuacji taktycznej. Lewy i prawy wyświetlacze *SMFD* służą odpowiednio prezentacji danych z ofensywnych i defensywnych systemów samolotu. Informacje wyświetlane na monitorach są dodatkowo dublowane informacjami fonicznymi – „mówionymi" przez komputer.

Instalacja tlenowa z pokładową wytwornicą tlenu *OBOGS* (*On Board Oxygen Generating System*) firmy *Normalair-Garrett*.

Pomocniczy zespół napędowy (*APU – Auxiliary Power Unit*) firmy *Allied Signal*.

Instalacja elektryczna z układem dystrybucji energii firmy *Smiths* pracująca przy napięciu stałym 270 V.

Układ sterowania. Potrojony, cyfrowy układ sterowania przewodowego (*fly-by-wire*) ze światłowodową transmisją danych o prędkości transmisji danych 100 megabajtów na sekundę, opracowany przez firmę *Lear Astronics*. W samolocie zastosowano boczny drążek sterowy. Architektura układu jest modułowa z wymienialnymi zespołami. Wykorzystanie dysz silników o regulowanym kierunku wektora ciągu pozwala na skuteczne sterowanie pochyleniem samolotu także przy niskich prędkościach lotu i dużych kątach natarcia. Podczas prób w locie protoypów **YF-22** największe uzyskane kąty natarcia wynosiły 60 stopni. Badania tunelowe konfiguracji aerodynamicznej seryjnego samolotu **F-22** wykazały możliwość osiągania kątów natarcia powyżej 85 stopni.

Awionika zbudowana jest zgodnie z zupełnie nowymi standardami elektroniki lotniczej. Awionika **F-22** zgodna z tzw. koncepcją *Pave Pillar* bazuje na zintegrowanych, modułowych systemach, które można łatwo rekonfigurować. Systemy te mają łatwiejszą niż dotąd obsługę i odznaczają się wysokim poziomem niezawodności, dzięki samouodpornieniu na powstałe uszkodzenia poprzez odpowiednie omijanie uszkodzonych modułów. Składają się one z wielu współpracujących ze sobą bardzo szybkich komputerów połączonych światłowodowymi sieciami przesyłu danych.

Pokładowa stacja radiolokacyjna *Westinghouse / Texas Instruments APG-77* przeznaczona jest do walki powietrze-powietrze oraz do nawigacji. Jest to aktywny radiolokator z anteną o skanowaniu elektronicznym. Nieruchoma antena składa się z kilkuset modułów nadawczo-odbiorczych sterujących jedną lub kilkoma wiązkami promieniowania mikrofalowego pasma X (9-12,5 GHz). Niezawodność tego radaru jest ok. 3-krotnie wyższa w porównaniu z rozwiązaniami stosowanymi współcześnie. Radar może pracować w kilkunastu różnych trybach pracy, włącznie z precyzyjnym lądowaniem samolotu w warunkach braku widoczności.

Samolot dostosowany jest do zainstalowania w przyszłości bocznego radaru o skanowaniu elektronicznym *(side mounted phased-array radar)*.

Wspólny procesor zintegrowany CIP (ang. *Common Integrated Procesor*) wykonuje całość obróbki sygnałów, przetwarzania danych, cyfrowych operacji wejścia/wyjścia i składowania danych przy wykorzystaniu pojedynczego zintegrowanego urządzenia i specjalnego oprogramowania.

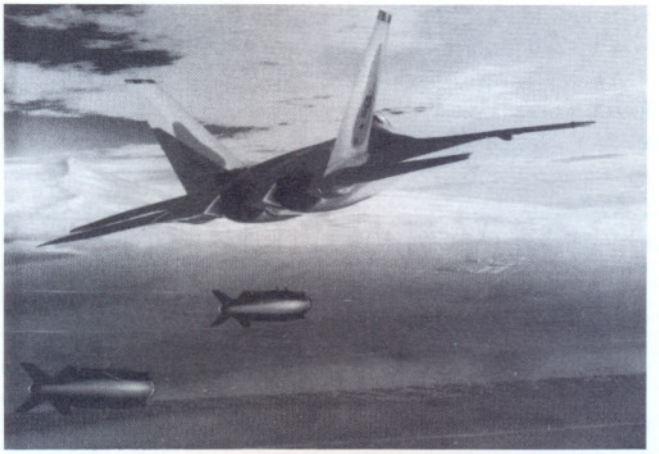
System przekazywania danych firmy Fairchild zawierający system pamięci masowej przechowujący aktualne dane i program operacyjny lotu oraz system zarządzania uzbrojeniem wymiennym.

W **YF-22** zastosowano komputer firmy *Hughes Aircraft Radar Systems* zdolny do wykonywania 450 mln instrukcji na sekundę przy przetwarzaniu danych i 7200 mln operacji na sekundę przy przetwarzaniu sygnałów. W **F-22** *CIP* wykonywać ma 700 mln instrukcji na sekundę z możliwością rozbudowy do 2000. W obróbce sygnałów planuje się osiągnąć 20 miliardów operacji na sekundę z możliwością rozbudowy do 50 mld/s. *CIP* ma pamięć o pojemności 300 MB z zaplanowaną rozbudową do 650 MB. Oprogramowanie *CIP* napisane jest w języku *Ada 9X*.

Możliwa jest telemetryczna wymiana informacji taktycznych pomiędzy dwoma (lub więcej) samolotami **F-22**.

Zintegrowany system awioniki do łączności, nawigacji i identyfikacji ICNIA (*Integrated Communictation / Navigation / Identification Avionics*) firmy *TRW*.

Testy zanurzeniowe kombinezonu używanego przez pilotów F-22. *The immersion test of the F-22 pilot s suit* **[Lockheed Martin]**



Rysunek przedstawiający zrzut z samolotu Lockheed Martin/Boeing F-22 bomb sterowanych JDAM. *Precision atttack with the JDAM guided bombs dropped from F-22* **[Lockheed Martin]**

System zarządzania samolotem VMS (*Vehicle Management System*) składa się z podsystemów komputerowych połączonych współlnymi szynami danych. Obejmuje on komputery sterowania lotem, sterowniki szyn danych, komputery sterowania oboma silnikami, wyświetlacz przezierny *HUD* (ang. *Head Up Display*), zintegrowane sterowniki instalacji samolotu, system zarządzania instalacją paliwową, przetworniki pneumatycznego systemu danych o otaczającym powietrzu atmosferycznym *PADS* (ang. *Pneumatic Air Data System*), bezwładnościowy system nawigacyjny *INS* (ang. *Inertial Navigation System*), procesory wyświetlaczy zadania bojowego (ang. *Mission Display Processors*) oraz szyny danych zintegrowanego układu sterowania zespołu napędowego *IFPC* (ang. *Integrated Flight Propulsion Control*).

Zintegrowany Podsystem Sterowania Samolotem IVSC (ang. *Integrated Vehicle Subsystem Control*) służy przekazywaniu komend pilota poszczególnym podsystemom, informuje pilota o stanie tychże podsystemów oraz nadzoruje i steruje ich określonymi funkcjami.

System samoobrony, ostrzegania i walki radioelektronicznej *Sanders / General Electric AN / ALR-94.*

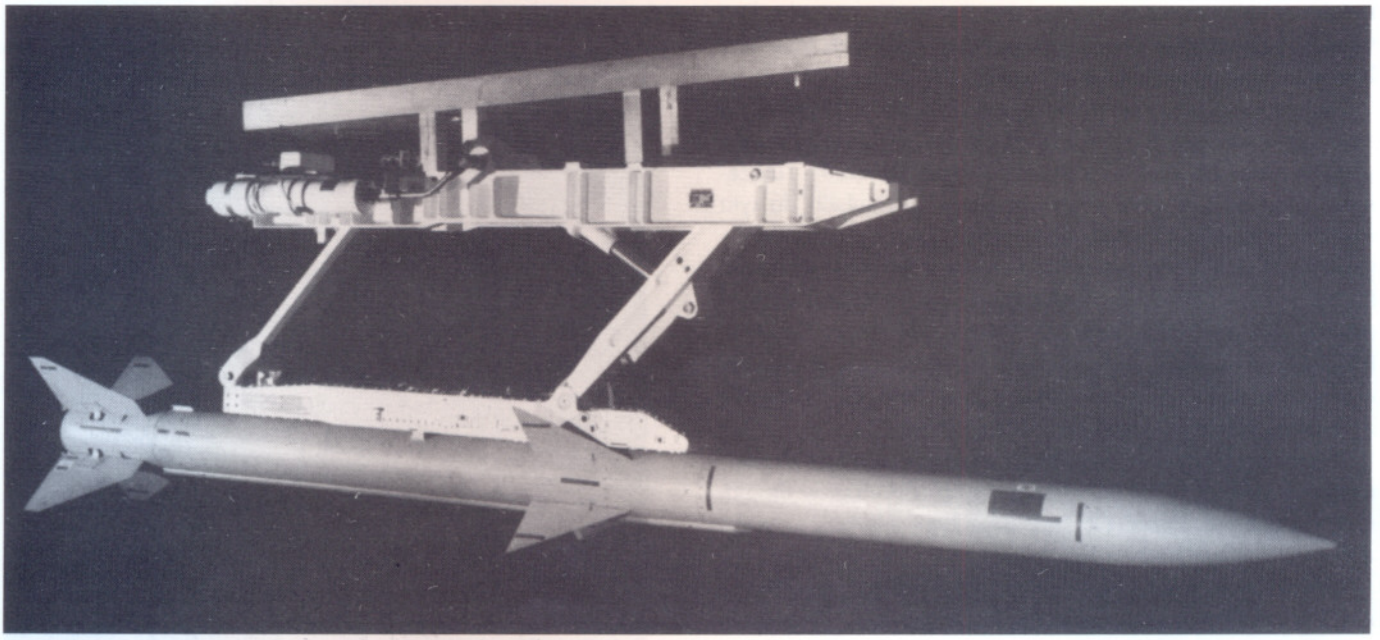
Uzbrojenie wewnętrzne stałe stanowi zaawansowana, długolufowa wersja standardowego amerykańskiego sześciolufowego działka lotniczego *General Electric M61A1* kal. 20 mm z zapasem 480 sztuk amunicji. Podczas prób prototypów **ATF** w 1990 roku pojawiły się nie potwierdzone później informacje o ewentualności zastosowania w samolotach seryjnych działka strzelającego amunicją bezłuskową lub działka z ciekłym ładunkiem miotającym.

Uzbrojenie wymienne może być instalowane w trzech wewnętrznych komorach uzbrojenia.

W głównej komorze uzbrojenia zainstalować można cztery pociski rakietowe powietrze – powietrze średniego zasięgu *AIM-120A AMRAAM* lub sześć pocisków *AIM-120C*. Do atakowania celów naziemnych w głównej komorze uzbrojenia zainstalować można na hydraulicznie wysuwanych wysięgnikach precyzyjne bomby sterowane *PGM* (*Precision Guided Munitions*) *GBU-32 JDAM 1000.*

W każdej z dwóch bocznych komór uzbrojenia może być przenoszony jeden pocisk rakietowy powietrze – powietrze bliskiego zasięgu AIM-9 *„Sidewinder"*.

Chociaż pierwotnie założenia programu **ATF** zakładały instalowanie uzbrojenia wyłącznie w komorach wewnętrznych, seryjne **F-22** otrzymały cztery węzły podskrzydłowe do podwieszania uzbrojenia wymiennego i dodatkowych zbiorników paliwa odległe odpowiednio o 317,5 cm i 441 cm od osi symetrii samolotu. Na każdym z zaczepów zewnętrznych można podwiesić ładunek o masie 2268 kg.



Pocisk rakietowy AIM-120 AMRAAM na opuszczanej wyrzutni umieszczonej w wewnętrznej komorze uzbrojenia samolotu YF-22. W komorze można zamontować do czterech pocisków AIM-120. *AIM-120 AMRAAM launcher is accomodated in the YF-22 ventral bay. Up to four AIM-120 can be fitted in the ventral bay.* **[EDO Corporation]**

KONSTRUKCJA SAMOLOTU YF-23

Northrop/McDonnell Douglas YF-23 jest dwusilnikowym, jednomiejscowym prototypem wielozadaniowego samolotu myśliwskiego w układzie średniopłata z napędem turbowentylatorowym, o konstrukcji metalowo-kompozytowej.

Skrzydła o obrysie rombowym ze ściętymi końcówkami. Skos krawędzi natarcia równy skosowi krawędzi spływu wynosi ok. 40°. Skrzydła gładko przechodzą w kadłub i gondole silników. 90% długości krawędzi spływu zajmują klapy i lotki. Na krawędzi natarcia rozmieszczono klapy noskowe.

Kadłub gładko przechodzi w gondole silnikowe i skrzydła. Przednia część kadłuba o przekroju zbliżonym do sześciokątnego zaopatrzona w ostre brzegi przechodzące w noski skrzydeł, w przedniej części osłona radaru, dalej kabina pilota, a pod nią komora przedniego zespołu podwozia. Na grzbiecie kadłuba, za kabiną pilota gniazdo dla sztywnego przewodu paliwowego samolotu – zbiornikowca. Wloty powietrza regulowane o przekroju trapezoidalnym (krótsza podstawa trapezu na dole). Kanały wlotów powietrza o kształcie zbliżonym do litery S dla ukrycia tarcz wirników sprężarek i turbin silników przed nadbiegającym promieniowaniem radarowym (technologia *stealth*), powleczone dodatkowo materiałem pochłaniającym mikrofale. Dysze silników umieszczono nad kadłubem dla zmniejszenia wykrywalności przez urządzenia pracujące w podczerwieni, co ogranicza jednak poważnie zastosowanie silników o regulowanym kierunku wektora ciągu. Pomocnicze wloty powietrza na górnej powierzchni skrzydeł, przykryte czterema pokrywami. Pod kadłubem komory uzbrojenia: przednia dla pocisków *„Sidewinder"*, tylna dla *AMRAAM*. Samolot przystosowany do przenoszenia uzbrojenia wyłącznie w komorach wewnętrznych – ze względu na surowe wymagania dotyczące technologii *stealth* oraz w celu uzyskania jak najmniejszego oporu aerodynamicznego.

Usterzenie motylkowe, płytowe – ustawiane w całości. Stateczniki spełniające zarówno rolę sterów kierunku, jak i wysokości rozchylone pod kątem ok. 100°. Stateczniki niemal całkowicie kompozytowe, z wyjątkiem jedynie niektórych żeber wykonanych z tytanu i stalowego trzpienia obrotowego.

Podwozie trójzespołowe wciągane w locie. Wszystkie zespoły jednokołowe. Zespół przedni sterowany, zaadaptowany w całości z myśliwca **F-15** (opona *Goodyear 22 x 6,6 – 10*). Zespoły główne z kołami odsuniętymi na dźwigniach do tyłu względem goleni, zaopatrzone w amortyzatory olejowo-gazowe. Zespół przedni wciągany do komory w kadłubie w kierunku do przodu z pokrywą otwieraną na prawą stronę. Zespoły główne chowane do komór pod kanałami wlotów powietrza. Podwozie specjalnie wzmocnione, przystosowane do operowania z lotnisk o krótkich pasach, obliczone na lądowanie z pionową składową prędkości do 3,05 m/s.

Zespół napędowy – dwa silniki turbowentylatorowe. W pierwszym prototypie *Pratt & Whitney YF119-PW-100*, w drugim *General Electric YF120-GE-100*. Oba typy silników o ciągu 155,7 kN, zaopatrzone w dopalacze.

Wyposażenie kabiny. Fotel wyrzucany *McDonnell Douglas NACES II*, klasy zero-zero (możliwe bezpieczne wyrzucanie z fotelem nawet podczas postoju). Kabina ciśnieniowa, klimatyzowana. Osłona kabiny firmy *PPG Industries*.

Układ sterowania – cyfrowy ze światłowodową transmisją sygnałów (*fly-by-light*) do urządzeń wykonawczych (siłowników hydraulicznych sterów aerodynamicznych).

Awionika. Szerokokątny wyświetlacz refleksyjny między pilotem, a przednią częścią oszklenia kabiny (*HUD – Head – Up Display*). Zestaw urządzeń rozpoznawczych *ITT/Westinghouse ESM (Electronic Surveillance Measures)*. Modułowy komputer pokładowy *Unisys*. W konkursie na wykonanie skanującego radaru pokładowego dla **YF-23** brały udział przedsiębiorstwa *Westinghouse* i *Texas Instruments*. Radar w jednym z trybów działania miał być dostosowany do przeprowadzania całkowicie automatycznego lądowania. Zintegrowany system sterowania uzbrojeniem (*INEWS – Integrated Electronic Warfare System*) oraz zintegrowany zespół awioniki przeznaczonej do łączności, nawigacji i identyfikacji (*ICNIA – Integrated Communications/Navigation/Identification Avionics*).

Uzbrojenie stałe to długolufowa wersja 6-lufowego działka *General Electric M-61A1* kalibru 20 mm.

Uzbrojenie wymienne instalowane w dwóch podkadłubowych komorach umieszczonych jedna za drugą. Pociski rakietowe klasy powietrze-powietrze umieszczone w specjalnych wyrzutnikach o, jak określili producenci samolotu, „rewolucyjnej" konstrukcji. Można przypuszczać, że wyrzutniki mają konstrukcję rewolwerową, tj. rakiety umieszczone są w obrotowym wyrzutniku podobnie, jak naboje w bębenku rewolweru. Wyrzutnik wysuwa się z kadłuba za pomocą siłowników hydraulicznych tylko w momencie odpalenia pocisku. Samolot przystosowany jest do przenoszenia 8 pocisków rakietowych następujących typów: *AIM-9L/M „Sidewinder", AIM-120A, AMRAAM, AIM-136*. Według niektórych źródeł przednia komora uzbrojenia przeznaczona jest dla pocisków *„Sidewinder"*, a tylna dla *AMRAAM*.

Niezwykły widok pierwszego prototypu YF-23. *Unusual view of the first YF-23 prototype* **[Northrop Grumman]**

Dane taktyczno-techniczne samolotów YF-22, F-22 i YF-23

	YF-22	F-22	YF-23
Rozpiętość skrzydeł (mm)	13560	13560	13290
Cięciwa skrzydeł: przy nasadzie -teoret. (mm)	9850	9850	-
przy końcówce - odniesienia (mm)	1660	1660	-
przy końcówce - rzeczywista (mm)	1140	1140	-
Powierzchnia skrzydeł (m2)	78,0	78,0	87,8
Całkowita powierzchnia klap noskowych (m2)	4,76	4,76	-
Całkowita powierzchnia klapolotek (m2)	5,10	5,10	-
Całkowita powierzchnia lotek (m2)	1,98	1,98	-
Długość całkowita (mm)	15360	15000	20540
Wysokość całkowita (mm)	5360	5000	4240
Rozpiętość usterzenia poziomego (mm)	8840	8840	-
Powierzchnia usterzenia poziomego (m2)	12,63	12,63	
Rozpiętość usterzenia pionowego (mm)	5970	5970	-
Powierzchnia usterzenia pionowego (m2)	20,25	16,54	-
Powierzchnia sterów kierunku (m2)	12,63	12,63	-
Baza podwozia (mm)	604	604	-
Prześwit pod komorą uzbrojenia (mm)	940	940	-
Masa własna (kg)	13608	14365	16782
Maksymalna masa startowa (kg)	-	27216	29030
Masa paliwa w zbior. wewnętrznych (kg)	-	9979	10886
Prędkość maksymalna z nadz. prędkością przelotowa (Ma)	1,58	1,48	1,43*
Prędkość z dopalaniem (Ma/m)	1,70/9150	2,2**	-
Pułap praktyczny (m)	15240	19812	-
Limit przeciążeń (g)	+ 7,9	+9***	-
Wymaga długość pasa do startu/lądowania (m)	-	1067	-
Promień działania (km)	-	1389-1481	1300

*z silnikami YF 119 i 1,60 Ma z silnikami YF 120
** prędkość maksymalna bez dopalania 1,60 Ma
***limit przeciążeń przy prędkości Ma = 1,8 +6g

Wydawnictwo „MILITARIA" oferuje w sprzedaży wysyłkowej następujące pozycje:

Seria *„TANK"*
Nr 2 Tiger cz. 1 — 8 zł
Nr 4 Panzer IV — 8 zł
Nr 5 Tiger cz. 2 — 8 zł
Nr 6 Sturmgeschütz III — 8 zł
Nr 7 PzKpfw 35(t) - 8 zł
Nr 8 PzKpfw 38(t) — 8 zł
Nr 12 Sd Kfz 251 - 9 zł
Nr 14 Cromwell — 6 zł
Nr 16 Hummel - 9 zł
Nr 19 Sd Kfz 250 - 8 zł
Nr 22 Blitzkrieg - 14 zł
Nr 23 Afryka, Włochy — 14 zł
Nr 24 Wojna na Pacyfiku — 14 zł
Nr 25 Half Track - 9 zł
Nr 27 Maus - 7 zł
Nr 29 Flammpanzer — 7 zł
Nr 30 Czołgi Brytyjskie 1914-18 - 9 zł
Nr 31 Panzerwaffe - 9 zł
Nr 32 Samochody pancerne 6x4 — 7 zł
Nr 34 KW - 9 zł
Nr 41 Samochody pancerne 8x8 - 12 zł
Nr 44 M3 Stuart - 10 zł
Nr 45 Jagdpanzer 38(t) „Hetzer" - 12 zł

Seria *„MINI TANK"*
Nr 1 Gerät 040/041 „Karl-Mörser" — 6 zł
Nr 2 15 cm Panzerwerfer 42 Sd Kfz 4/1 — 6 zł
Nr 3 Neubaufahrzeuge - 7 zł

Czołgi brytyjskie 1939-1945 — 7 zł
Czołgi francuskie 1940 — 7 zł
Czołgi włoskie 1939-1945 — 7 zł
Czołgi niemieckie 1933,1945 - 12 zł
Niemieckie wozy bojowe 1933-1945 — 12 zł
Wozy bojowe 1939-1943, malowanie i oznakowanie - 16 zł
Wozy bojowe 1943-1945, malowanie i oznakowanie — 15 zł
Pokryszkin — „Atakuję" — 6 zł
Zbiorowe — „Dylematy Hitlera" — 12 zł
Bryja — „Artyleria niemiecka 1939-1945" — 15 zł
Jednostki Waffen SS 1939-1945 — 15 zł
Panzer Colours cz. I i II - 17 zł

Seria *„MILITARIA"*
Nr 3 Sojusznicy Hitlera — 5 zł wyprzedaż
Nr 9 Red Devils — 5 zł wyprzedaż
Nr 12 Armia Król. Polskiego 1815-1830 — 5 zł wyprzedaż
Nr 13 Falaise 1944 — 5 zł wyprzedaż
Nr 14 Stalingrad 1942-1943 — 8 zł

Samoloty
PZL P. 24 — 8 zł
Henschel Hs 123 — 5 zł wyprzedaż
Fokker D-XXI — 5 zł wyprzedaż
PWS 33 Wyżeł — 5 zł wyprzedaż
He 60 - 5 zł wyprzedaż
He 59 — 5 zł wyprzedaż
Henschel Hs 129 — 8 zł
LWS 3 Mewa — 5 zł wyprzedaż
Luftwaffe 1946 — 8 zł
Skrzydła w opałach — 5 zł wyprzedaż
Asy Luftwaffe cz. 2 — 5 zł wyprzedaż
Messerschmitt Bf 109 Color — 8 zł
Nr 33 Messerschmitt Me 210/410 - 9 zł
Nr 36 Wojna Zimowa 1939-1940 - 12 zł
Nr 37 Boeing B-17 - 12 zł
Nr 39 Dornier Do 215 - 9 zł
Nr 40 Ploeszti 1943 - 10 zł
Nr 42 Messerschmitt Bf 109 K - 12 zł
Nr 43 CAC Boomerang i CAC Wirraway - 12 zł
Nr 46 He 177 „Greif" - 15 zł
Nr 47 Messerschmitt Bf 109 G/H - 21 zł
Nr 49 Heinkel He 162 Volksjäger - 10 zł
Luftwaffe 1939-45, Myśliwce nad Rosją - 14 zł

Odbiorcy Indywidualni
Zamówienia o wartości powyżej 50zł - 10% rabatu
Zamówienia o wartości powyżej 100zł - 20% rabatu

Książki przesyłane Odbiorcy są po uprzednim opłaceniu należności na konto Wydawnictwa

Kredyt Bank I Oddział Warszawa nr 15001012-5601-27003-111-0-0

Na odwrocie odcinka przelewu proszę podawać dokładne zamówienie oraz dokładny, pełny adres nadawcy

ISBN 83-86209-88-7

Sc. by Marko1964

9 788386 209880