R G B WH GR BL Grey Scale #13 C M Y K
Part Code ST1316
DANES-PICTA.COM
A 1 2 3 4 5 6 M 8 9 10 11 12 13 14 15 B 17 18 19

AKADEMIA
OBRONY NARODOWEJ

Mjr pil. mgr inż. Ireneusz SMYKLA

EFEKTYWNOŚĆ TAKTYCZNA SAMOLOTÓW W ASPEKTACH MASOWO-GEOMETRYCZNYCH

Rozprawa doktorska

60972

Biblioteka Główna
Akademii Obrony Narodowej
S/4354
05-004354-001-0

Centralna Biblioteka Wojskowa
Akademii Obrony Narodowej
Cwid. II

WARSZAWA 2000

Inches Centimetres
Blue Cyan Green Yellow Red Magenta White
Colour Chart #13
3/Color Black
DANES-PICTA.COM

AKADEMIA OBRONY NARODOWEJ
WYDZIAŁ WOJSK LOTNICZYCH I OP

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
60972
II
Akademii Obrony

mjr pil. mgr inż. Ireneusz SMYKLA

EFEKTYWNOŚĆ TAKTYCZNA SAMOLOTÓW W ASPEKTACH MASOWO-GEOMETRYCZNYCH

Rozprawa doktorska

Promotor

płk w st. spocz. pil. prof. dr hab. Wacław ŚWIĄTNICKI

WARSZAWA 2000

Autor rozprawy składa serdeczne podziękowanie za cierpliwość i cenne wskazówki Promotorowi.

Jednocześnie pragnę podziękować Pracownikom Akademii Obrony Narodowej, Wojskowej Akademii Technicznej i Wyższej Szkoły Oficerskiej Sił Powietrznych za pomoc w uzyskaniu materiałów do niniejszej rozprawy.

Ireneusz Smykla

Spis treści

strona

Wstęp 4

1. Aspekty metodologiczne przeprowadzonych badań 7

1.1. Geneza tematu 7

1.2. Analiza literatury przedmiotu badań 9

1.3. Cel badań 55

1.4. Przedmiot badań i problemy naukowe 55

1.5. Hipotezy 56

1.6. Metody badań 57

2. Analiza i ocena zależności występujących pomiędzy parametrami masowo – geometrycznymi a efektywnością taktyczną **61**

2.1. Analiza parametrów masowo-geometrycznych reprezentatywnych samolotów bojowych 72

2.2. Metodyka i kryteria oceny efektywności taktycznej 95

2.3. Związki kryteriów efektywności taktycznej z parametrami masowo - geometrycznymi samolotu 111

3. Prawidłowości rozwoju samolotów bojowych determinowane parametrami masowo - geometrycznymi i wymaganą efektywnością taktyczną .....

3.1. Wymagania wobec efektywności taktycznej samolotów **126**

3.2. Kształtowanie parametrów taktycznych samolotów 128

136

Zakończenie **169**

Bibliografia **175**

Załączniki **179**

Wstęp

Od początku istnienia lotnictwa wojskowego dostrzegano ścisłą zależność jego efektywności taktycznej od parametrów technicznych samolotów, w tym od jego cech masowo-geometrycznych. Mając na względzie ciągłą aktualność powyższych zależności autor postanowił podjąć badania których wyniki zostały przedstawione w niniejszej rozprawie.

Do celów wojskowych (bojowych) statki powietrzne zostały wykorzystane po raz pierwszy już w czasie wojny włosko-tureckiej w latach 1911...1912, ale jako odrębny rodzaj sił zbrojnych lotnictwo powstało i zostało wykorzystane dopiero podczas I wojny światowej[1]

80 lat rozwoju lotnictwa, którego gwałtowne przyspieszenie następowało w czasie kolejnych konfliktów zbrojnych, zadecydowały o dzisiejszym jego kształcie oraz pozwoliły na wypracowanie koncepcji[2] jego użycia – czyli powstanie dziedziny wiedzy nazwanej taktyką[3] rodzajów lotnictwa[4].

Lotnictwo jest tym rodzajem sił zbrojnych, którego znaczenie militarne we wszystkich konfliktach lokalnych w latach 1936...1999 stale rosło. Działania zbrojne z jego udziałem były swego rodzaju testami doświadczalnymi w zasadniczy sposób służącymi do oceny jakości bojowej techniki lotniczej[5]. Ocena efektów działań bojowych lotnictwa w konfliktach o charakterze lokalnym,

---

[1] Wojska Lotnicze w odrodzonej Polsce powołane zostały Rozkazem Nr 66 Szefa Sztabu Generalnego z 23.11.1918 r. w/g A. Przedpełski, *Lotnictwo Wojska Polskiego 1918-1996.* Bellona Warszawa 1997, s. 309.

[2] Koncepcja to ogólne ujęcie czegoś: obmyślony plan działania, rozwiązanie czegoś, pomysł, projekt. *Słownik wyrazów obcych*, Warszawa 1980, s. 375 .

[3] Taktyka to metoda postępowania, umiejętność używania rozporządzalnych sił dla osiągnięcia zamierzonych celów. W. Kopoliński *Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych* Warszawa 1985, s. 416.

[4] Taktyka Wojsk Lotniczych to teoria i praktyka organizacji i prowadzenia walki przez załogi samolotów, pododdziałów, oddziałów i związków taktycznych lotnictwa. *Leksykon wiedzy wojskowej.* Warszawa 1979, s. 450.

[5] Technika lotnicza – dział techniki obejmujący całokształt środków i czynności wchodzących w zakres działalności człowieka związanej z lotnictwem. *Ilustrowany leksykon lotniczy. Technika lotnicza.* Warszawa 1988, WKŁ, s. 330 .

szczególnie tych po II wojnie światowej, *(bo za takie należy je uznać mimo bezpośredniego lub tylko pośredniego udziału w nich lotnictwa globalnych i regionalnych mocarstw)* jest równocześnie oceną efektywności bojowej wykorzystywanych tam samolotów wojskowych.

Ostatnie konflikty zbrojne (Falklandy-Malwiny, Afganistan, Zatoka Perska, Bałkany i Czeczenia) wskazują na to, że o przebiegu operacji lądowych i morskich decydują efekty działań sił powietrznych. O możliwościach tego rodzaju sił zbrojnych decyduje głównie lotnictwo uderzeniowe (szturmowe, myśliwsko-bombowe, bombowe). Przewaga w powietrzu, czy wręcz panowanie zapewnione dzięki działaniom lotnictwa myśliwskiego w sytuacji kryzysu polityczno-militarnego (np. „wojna" Serbia-NATO) umacnia jeszcze znaczenie i rolę sił powietrznych.

Nie sposób dziś nie zauważyć roli i znaczenia wyposażenia elektronicznego (awionicznego) oraz jego wpływu na efektywność wykorzystania samolotu na współczesnym polu walki. Rozwój awioniki[1] (systemy celownicze i nawigacyjne, radiolokacyjne, optoelektroniczne, walki radio-elektronicznej itp.) oraz systemów uzbrojenia[2] jest bardzo szybki. Utrudniony dostęp do danych na jego temat oraz świadomość częstych modyfikacji tego wyposażenia sprawia, że wiarygodna ocena efektywności taktycznej może, a nawet powinna być prowadzona w oparciu o analizę parametrów masowo-geometrycznych samolotu.

Przystępując do prowadzenia badań autor nie zamierzał poruszać wszystkich aspektów i problemów efektywności lotnictwa bojowego. Ze względu na rozległość obszaru badań ich zakres został ograniczony do następujących obszarów:

- określenia istoty efektywności taktycznej samolotu;

---

[1] Awionika to „wyposażenie elektroniczne samolotu, jako komplet urządzeń elektronicznych umieszczonych na pokładzie samolotu i przeznaczonych do wykonywania zadań: łączności radiowej, nawigacji, rozpoznania sytuacji naziemnej i powietrznej oraz prowadzenia walki (naprowadzania i celowania)." *Ilustrowany Leksykon Lotniczy. Osprzęt i radioelektronika*, WKŁ, Warszawa, 1990, s. 26 .

[2] uzbrojenia lotniczego rozumie się broń lotniczą i wyposażenie samolotu umożliwiające przenoszenie broni, celowanie i sterowanie bronią." R. Makowski, *Uzbrojenie lotnicze. Część I. Broń lotnicza. Podręcznik*, DWL Poznań, 1989, s. 12 .

- określenia ogólnych założeń metodycznych oceny efektywności oraz wskazania parametrów i kryteriów oceny;
- wskazania przewidywanych kierunków dalszego rozwoju samolotów bojowych.

Przebieg badań i wnioski z nich wynikające zostały przedstawione w niniejszej rozprawie składającej się z trzech rozdziałów uzupełnionych załącznikami.

W rozdziale pierwszym zawarto opis metodyki przeprowadzonych badań. Sformułowano cele, przedmiot badań i problemy naukowe oraz hipotezy robocze. Ponadto przedstawiono w nim stan wiedzy na temat metod dotychczasowego wykorzystania samolotów bojowych i szkolno-bojowych w różnych konfliktach.

Rozdział drugi zawiera podstawowe pojęcia z zakresu efektywności samolotów oraz precyzuje parametry i kryteria ich oceny. Zawiera również analizę zależności występujących pomiędzy parametrami masowymi i geometrycznymi, a efektywnością taktyczną wyrażoną względnymi parametrami taktyczno-technicznymi.

W trzecim rozdziale zawarto prawidłowości determinujące rozwój samolotów bojowych.

Autor traktuje niniejszą rozprawę jako jedną z pierwszych prób określenia kierunków rozwoju lotnictwa bojowego. Jednocześnie jest świadomy, iż badania nie wyczerpują w pełni problemu a wnioski wynikające z przeprowadzonych badań mogą zostać w najbliższym czasie zweryfikowane.

1. ASPEKTY METODOLOGICZNE PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

1.1. Geneza tematu

Analiza rozwoju i wykorzystania lotnictwa wojskowego wykazuje, iż najistotniejszymi zaletami samolotów jako środków transportu i walki są: duża prędkość (maksymalna, przelotowa oraz wznoszenia), duża masa użyteczna w odniesieniu do masy własnej, zasięg działania (rozumiany również jako taktyczny promień działania) i wielowariantowość uzbrojenia.

W pełni zrozumiałym jest więc fakt, że każdy nowy samolot powinien przewyższać swoich poprzedników w swej klasie posiadanymi cechami[1]. Zwiększone wymagania stawiane wobec nowo konstruowanych samolotów spełnione są poprzez :

- stosowanie ekonomiczniejszych zespołów napędowych o większym ciągu, mniejszych gabarytach i masie;
- stosowanie układów konstrukcyjnych zapewniających wymaganą wytrzymałość i sztywność płatowca przy minimalnej masie;
- stosowanie lżejszych i bardziej wytrzymałych materiałów;
- stosowanie nowego wyposażenia, umożliwiającego łatwiejsze sterowanie samolotem oraz wykonywanie zadań;
- stosowanie nowych, bardziej efektywnych rodzajów uzbrojenia, systemów naprowadzania i obrony.

Oceniając stan lotnictwa na świecie należy zwrócić uwagę na następujące dane liczbowe (ilościowe).

---

[1] Jest to oczekiwane przez potencjalnych użytkowników i nie zmieni tego fakt, iż okresowo pojawiają się i będą pojawiały konstrukcje o słabszych parametrach lotno-technicznych od swoich poprzedników np.: A-10-A, F-4, Su-25 i inne, których parametry wynikają z przyjęcia innej niż dotychczas koncepcji ich wykorzystania.

Na świecie jest w użyciu około 500000 statków powietrznych, w tym 100000 wojskowych - (70000 samolotów i 30000 śmigłowców).[1]

Światowa produkcja roczna to około 10000 samolotów i 3000 śmigłowców. Najczęściej produkowane są serie liczące kilkaset egzemplarzy. Rokrocznie powstaje kilkanaście nowych wersji samolotów będących już w użytkowaniu. Wniosek może być tylko jeden - wchodzące "dziś" na wyposażenie wojsk lotniczych konstrukcje "jutro" będą musiały być modyfikowane i zastępowane nowymi. Amerykański samolot B-52 znajduje się w eksploatacji kilkadziesiąt lat i w tym czasie wprowadzono na nim kilkanaście tysięcy "poprawek". Nie jest to przypadek odosobniony[2].

Równocześnie lokalne konflikty zbrojne z udziałem lotnictwa wskazują, że często załogi dysponujące porównywalnym sprzętem nie potrafią nawiązać walki z przeciwnikiem, lub wykonać inne przydzielone im zadania bojowe. Wyposażenie wojsk lotniczych w uniwersalne samoloty nowej generacji sprawiło, że najbardziej zawodnym "elementem" stał się pilot.

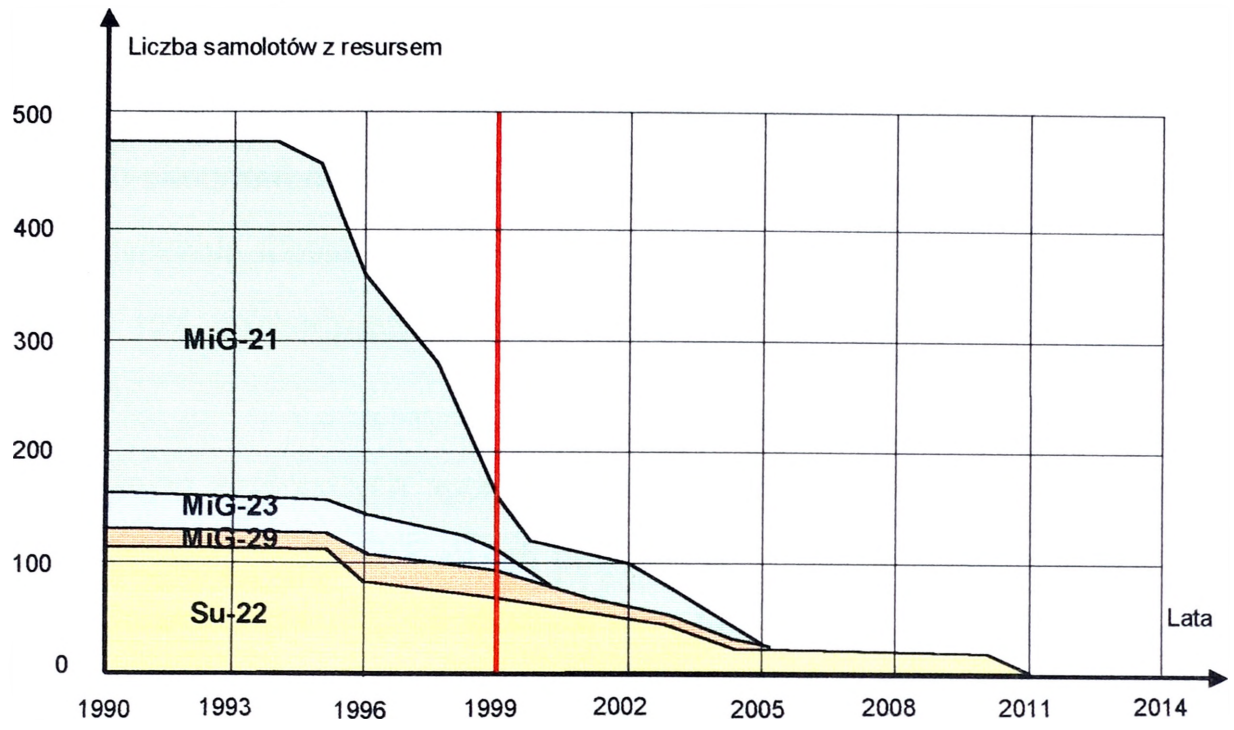
Wynika to z niewłaściwego szkolenia pilotów. Większość z nich nie jest w stanie opanować wszystkich czynności prowadzących do użycia określonych środków bojowych w powietrzu. Ponadto w uzasadnionych przypadkach w niedalekiej przyszłości może się okazać, że jest możliwym oraz celowym zrezygnowanie z załogi statku powietrznego.

Problematyka określania efektywności taktycznej samolotów nabiera szczególnego znaczenia wobec coraz bliższej konieczności wymiany uzbrojenia Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej Polski. Liczba polskich samolotów bojowych gwałtownie zmniejsza się ze względu na kończący się ich resurs techniczny oraz brak części zamiennych. Ponadto odczuwalne są stosunkowo wysokie koszty ich eksploatacji oraz brak możliwości wykorzystania przez większość z nich precyzyjnych środków rażenia.

---

[1] A. Glass. *Samoloty '90.* NOT-SIGMA Warszawa 1991, s. 3.

[2] Porównaj: M. Orkisz, A. Zugaj. *Modyfikacje współczesnych samolotów w siłach powietrznych USA.* Dęblin 1992.



Rys. 1.1. Prognoza zmiany stanu ilościowego polskich samolotów bojowych[1]

Istnieje zatem pilna potrzeba prowadzenia badań, których wyniki posłużą do określenia kierunków rozwoju konstrukcji lotniczych, sposobu ich wykorzystania oraz procesu szkolenia bojowego.

1.2. Analiza literatury przedmiotu badań.

Studiując literaturę przedmiotu badań autor poszukiwał odpowiedzi na pytanie : „Jaką rolę mają do spełnienia poszczególne rodzaje lotnictwa na polu walki w świetle teorii sztuki wojennej i doświadczeń historycznych ?"

[1] Na podstawie komunikatów rozpoznawczych WLOP i materiałów informacyjnych czołowych koncernów lotniczych zainteresowanych dostawami dla Polski (Lockheed Martin, L M Tactical Aircraft System : Program F-16 dla Polski.).

Lotnictwo myśliwskie przeznaczone jest do zwalczania lotnictwa nieprzyjaciela, jego środków napadu powietrznego, osłony wojsk i ważnych obiektów (baz morskich, portów, lotnisk, przepraw), ważnych ośrodków polityczno-ekonomicznych przed uderzeniami i rozpoznaniem z powietrza oraz do zbezpieczenia działań bojowych innych rodzajów lotnictwa[1]. Głównym jego zadaniem jest prowadzenie walki o panowanie lub przynajmniej przewagę w powietrzu.

Jednym z głównych sposobów zapewnienia przewagi w powietrzu jest zwalczenie przeciwnika w walkach powietrznych. „Walka powietrzna pomiędzy pojedynczymi samolotami lub grupami samolotów polega na połączeniu ognia i manewru w celu zniszczenia przeciwnika powietrznego. Jest to podstawowa forma zwalczania środków napadu powietrznego (ŚNP) przez lotnictwo myśliwskie. Zasadniczym celem walki powietrznej jest więc zniszczenie przeciwnika powietrznego. Aby ten cel osiągnąć pilot wykorzystuje różnorodne warianty uzbrojenia znajdującego się na pokładzie samolotu."[1] Taktyka walki powietrznej jest więc ściśle związana z rozwojem techniki lotniczej. Wprowadzanie nowych konstrukcji lotniczych i taktyki prowadzenia walk powietrznych w znaczny sposób przyczynia się do osiągnięcia zamierzonego celu (wykonania zadania bojowego) przy maksymalnej efektywności i minimalnych stratach własnych.

Aby prześledzić zmiany taktyki walk powietrznych okres użytkowania samolotów myśliwskich można podzielić na kilka etapów. W czasie ich trwania miały miejsce najbardziej znane wojny i konflikty o charakterze lokalne.

Większość państw Europy rozpoczęła tworzenie lotnictwa wojskowego w tym samym okresie. Jednak początkowo przodowała w tej dziedzinie Francja. Pierwsze jednostki lotnicze powstały na jej terenie, a francuskie Ministerstwo Wojny jako pierwsze zdecydowało się uczynić z lotnictwa nową samodzielną służbę. „Dnia 10 XI 1909 roku w Vincennes powstała - w ramach artylerii -

---

[1] *Leksykon wiedzy wojskowej.* Warszawa 1979, s. 194.

jednostka nazwana *Etablissement d' aviation militaire*. Była to jednostka doświadczalna, a po części także szkolna. W historii lotnictwa wojskowego była ona pierwszą jednostką tworzoną od samego początku z myślą o wyposażeniu jej w samoloty."[2]

Inne państwa (późniejsi główni uczestnicy I wojny światowej), które do tworzenia lotnictwa wojskowego przystąpiły nieco później, stopniowo nadrabiały utracony dystans. Na szczególną uwagę zasługuje lotnictwo włoskie. Powodem tego jest pierwsze w historii wojskowości bojowe użycie samolotu.

„Gdy 28 IX 1911 roku wybuchła wojna włosko-turecka o Tripolitanię, w skład wysłanego do Afryki włoskiego korpusu ekspedycyjnego weszła zaimprowizowana flotylla samolotów pod dowództwem kapitana artylerii Carlo Marii Piazzy. Dnia 11 X 1911 roku kapitan Piazza na samolocie Bleriot wykonał 61-minutowy lot na rozpoznanie stanowisk tureckich w pobliżu Azizia. Był to pierwszy w historii lotnictwa lot bojowy."[3] Piloci włoscy wysyłani na rozpoznanie zabierali ze sobą granaty ręczne, kilkukilogramowe bomby i metalowe strzałki, którymi ręcznie obrzucali wykryte pododdziały i obozy armii tureckiej.

Mimo to lotnictwo wojskowe wchodziło w życie z wielkimi trudnościami, np. generałowie i admirałowie, którzy z trudem zaakceptowali samolot jako środek rozpoznania, powszechnie traktowali wizję walk powietrznych jako wybujałą fantazję oficerów lotnictwa. Zdecydowanie odrzucili sugestie o konieczności uzbrojenia samolotów w broń maszynową. W efekcie w 1914 roku ani jeden z wysłanych na front samolotów nie posiadał uzbrojenia, nie licząc oczywiście broni osobistej pilotów i obserwatorów.

W początkowym, manewrowym okresie wojny lotnictwo było wykorzystywane głównie do prowadzenia rozpoznania strategicznego i operacyjnego. Samoloty i sterowce sporadycznie wykorzystywano do innych

---

[1] E. Zabłocki, *Taktyka Lotnictwa Myśliwskiego OPK*. ASG WP. Warszawa 1989, s. 53.
[2] S. Czmur, *Walka o panowanie w powietrzu*. MON. Warszawa 1988, s. 14.
[3] tamże - s. 19.

celów. Lotnicy, najczęściej z własnej inicjatywy, obrzucali granatami lub małymi bombami maszerujące bądź odpoczywające kolumny piechoty i kawalerii, ostrzeliwali je z broni ręcznej lub z prowizorycznie zamontowanych karabinów maszynowych. Wkrótce też, bo już jesienią 1914 roku, doszło do pierwszych walk powietrznych. Przy prawie powszechnym braku stałego uzbrojenia, w pierwszych walkach powietrznych samoloty starano się zniszczyć lub zmusić do lądowania na własnym terenie za pomocą prymitywnych środków i dość niecodziennymi sposobami. Najczęściej wykonywano niebezpieczne dla przeciwnika manewry, a zwłaszcza przelatywanie nad nim z niewielkim przewyższeniem. W takich sytuacjach mniej odporni piloci, w obawie przed uszkodzeniem własnego samolotu przez podwozie nieprzyjacielskiej maszyny, wykonywali gwałtowne uniki. Dla ówczesnych mało sterownych samolotów było to niebezpieczne. Co odważniejsi decydowali się nawet na taranowanie. Innym ciekawym sposobem walki było montowanie na samolocie haka, za którego pomocą próbowano odrywać przeciwnikowi skrzydła lub usterzenie. Dość często obie załogi obrzucały się nawzajem granatami ręcznymi lub ostrzeliwały z broni ręcznej - karabinów i pistoletów stanowiących broń osobistą.

Potrzeba zwalczania samolotów rozpoznawczych i balonów obserwacyjnych przyczyniła się do tego, że w 1915 roku pojawiły się samoloty specjalnie przystosowane do walk powietrznych i rozpoczął się proces wyodrębnienia lotnictwa myśliwskiego. Przełomowe znaczenie dla jego powstania miało rozwiązanie problemu prowadzenia celnego ognia przez płaszczyznę obracającego się śmigła. W Niemczech w Schwerinie, w zakładach lotniczych inżyniera Anthony Fokkera, opracowano w tym czasie mechaniczny synchronizator. Pierwszym seryjnym samolotem, na którym zamontowano synchronizator, był Fokker E I, którego 15 egzemplarzy skierowano w końcu lipca 1915 roku na front zachodni. Był to lekki, jednomiejscowy jednopłatowiec wzorowany na samolocie Morane-Saulnier, wyposażony w nowy, specjalnie

skonstruowany karabin maszynowy LMG 14 Parabellum. Wyróżniał on się stosunkowo małą masą i dużą szybkostrzelnością.

Rozpoczęty w 1915 roku proces wyodrębniania się lotnictwa myśliwskiego został zakończony w 1916, mimo że dwa kolejne lata I wojny światowej przyniosły jeszcze wiele zmian w tym rodzaju lotnictwa.

Na podkreślenie zasługuje również wkład, jaki wnieśli najlepsi piloci w rozwój taktyki lotnictwa myśliwskiego, zwłaszcza w doskonalenie taktyki walk powietrznych. Opracowali oni i upowszechnili liczne sposoby atakowania, ugrupowania, figury pilotażu itp. Długa jest lista nazwisk asów myśliwskich, którzy doskonalili swoje umiejętności pilotażowe, pokazując co jakiś czas coś nowego, zaskakującego w taktyce prowadzenia walk powietrznych. Np. amerykański pilot - Raoul Lufbery stworzył „krąg obronny", nazywany też kołem Lufbery'ego (Lufbery Circle), który był stosowany przez długie lata - także podczas II wojny światowej. Dobrze zaś znana współczesnym pilotom figura pilotażu „immelmann" swoją nazwę zawdzięcza niemieckiemu asowi porucznikowi Maxowi Immelmannowi.

I wojna światowa stanowiła dopiero początek zmagań w powietrzu, i mimo, że wiele ówczesnych rozwiązań obecnie może się wydawać wręcz śmiesznymi, nie zmienia to faktu, że korzenie zasadniczych spraw sięgają I wojny światowej.

II wojna światowa charakteryzowała się olbrzymim zasięgiem, rozmachem i niezwykle wysoką dynamiką działań, które prowadzone były równocześnie w trzech obszarach: na lądzie, na morzach i w powietrzu. Stan ilościowy i techniczny samolotów umożliwiał wykorzystywanie ich do różnorodnych zadań bojowych, pomocniczych i specjalnych, o zasięgu i znaczeniu taktycznym, operacyjnym i strategicznym.

W toku wojny, zasadniczym sposobem walki o panowanie w powietrzu było niszczenie samolotów przeciwnika w powietrzu, a głównym środkiem w tej

walce było lotnictwo myśliwskie wchodzące w skład lotnictwa operacyjnego. Dominująca rola lotnictwa myśliwskiego w walce o panowanie w powietrzu spowodowała jego szybki rozwój ilościowy i techniczny, wysuwając go pod koniec wojny na czołową pozycję w siłach powietrznych poszczególnych państw.

Warto zwrócić uwagę również i na fakt, że o ile w początkowym okresie wojny istniało duże zróżnicowanie w parametrach taktyczno-technicznych i możliwościach manewrowych samolotów myśliwskich decydujące często o zwycięstwie lub klęsce w powietrzu, to w czasie wojny nastąpiło ogólne ich wyrównanie i o zwycięstwie w powietrzu decydowały przede wszystkim takie czynniki, jak wyszkolenie pilotów i taktyka walki powietrznej.

Dynamicznemu wzrostowi ilościowemu lotnictwa w okresie II wojny światowej towarzyszył nie mniej dynamiczny rozwój techniczny samolotów. Prędkości maksymalne samolotów, ich pułap praktyczny, zasięg (również promień taktyczny) oraz udźwig zwiększyły się w okresie wojny do granic możliwości samolotów o napędzie tłokowym. Ponadto wyposażenie radionawigacyjne umożliwiało ich wykorzystywanie w różnych warunkach atmosferycznych zarówno w dzień, jak i w nocy.

Znacznie wzrosła skuteczność ognia lotniczego uzbrojenia strzeleckiego. W rozwoju tego uzbrojenia, w okresie wojny, ścierały się ze sobą dwa poglądy. Pierwszy, lansowany i wcielany w życie głównie w USA, eksponujący wyposażenie samolotów w dużą liczbę (6-12) karabinów maszynowych o małym kalibrze (7,62 lub 12,7 mm) i dużej szybkostrzelności. Drugi konsekwentnie realizowany w ówczesnym Związku Radzieckim oraz w Anglii i w Niemczech preferował działko o możliwie dużym kalibrze (20, 23, 30, a nawet 37 mm). Wprowadzenie do uzbrojenia pokładowego samolotów działek o dużych kalibrach umożliwiło zastosowanie w nich pocisków wybuchowych radykalnie zwiększających skuteczność ognia w porównaniu z pociskami karabinów maszynowych. Praktyka wykazała zdecydowaną wyższość drugiej z lansowanej koncepcji. Małokalibrowe pociski karabinów maszynowych, mimo olbrzymiej

szybkostrzelności nie były bowiem w stanie niszczyć ówczesnych bardzo odpornych konstrukcji samolotów. Na korzyść działek przemawiał ich większy kaliber oraz zasięg ognia. Nowoczesne działka mimo dużego kalibru charakteryzowały się również dużą szybkostrzelnością (np. szybkostrzelność niektórych niemieckich 30 mm działek wynosiła 1200 strzałów na minutę).

W chwili wybuchu II wojny światowej jedynie lotnictwo niemieckie było w pełni przygotowane do realizacji oczekujących je zadań. Luftwaffe znajdowała się wówczas u szczytu swojej potęgi, natomiast w pozostałych państwach europejskich czyniono dopiero pierwsze kroki na drodze modernizacji sił powietrznych. Konfrontacja Luftwaffe ze słabymi, nieprzygotowanymi do wojny przeciwnikami wypadła dla niej bardzo korzystnie. Odnosiła ona stosunkowo łatwe zwycięstwa, przyczyniając się wydatnie do sukcesów niemieckich wojsk lądowych. Dopiero począwszy od 1943 roku wyraźną przewagę i panowanie w powietrzu zdobyło na froncie wschodnim lotnictwo radzieckie, a na froncie zachodnim lotnictwo aliantów.

Taktykę lotnictwa myśliwskiego stosowaną podczas II wojny światowej można krótko określić jako: „wysokość-szybkość-manewr-ogień". Została ona wypracowana na podstawie doświadczeń z wielu przeprowadzonych walk powietrznych. Przewagę wysokości zgodnie z zasadami mechaniki lotu można szybko zamienić na przyrost prędkości, a rozśrodkowane i usytuowanie poszczególnych grup taktycznego przeznaczenia myśliwców umożliwiają skryte zbliżenie i nieoczekiwany, zaskakujący atak. To uniemożliwia przeciwnikowi wykonanie manewru obronnego. Taki sposób prowadzenia walki potwierdzają statystyki mówiące, że w czasie II wojny światowej 75% zestrzeleń uzyskano w pierwszym ataku (15% w drugim i 10% w trzecim)[1]. Wydzielanie grup taktycznego przeznaczenia, mających różne zadania spowodowało, że działania dużych grup samolotów myśliwskich zaczęły przyjmować formę bitew powietrznych. Para samolotów stała się podstawowym zespołem ogniowym.

---

[1] Cz. Krzemiński. *Ewolucja walki powietrznej.* Skrzydlata Polska nr 23/1977. s. 18.

Domeną myśliwca stał się atak, a prowadzenie przez niego walki powietrzne miały zdecydowanie zaczepny charakter. Również manewr wyjścia spod uderzenia przeciwnika musiał być tak przeprowadzony, aby po jego wykonaniu można było przejąć inicjatywę. Zasady te, mimo, że sformułowane ponad pół wieku temu nadal są aktualne.

Zastosowanie napędu odrzutowego w ostatnich miesiącach wojny w niewielkim stopniu zmieniło charakter i przebieg walk powietrznych. Powodem była jego niedoskonałość techniczna. Dopiero kilka lat po jej zakończeniu silnik odrzutowy stał się podstawowym rodzajem napędu.

Sprawdzianem bojowym dla samolotów odrzutowych oraz koncepcji prowadzenia walk z ich użyciem stała się wojna w Korei. W walkach powietrznych w pierwszym etapie wojny (listopad 1950 rok) powszechnie stosowano manewr „uderzenie i ucieczka". Niektóre odmiany tego manewru w specyficznej sytuacji taktycznej są stosowane do dziś. Konflikt w Korei to zmierzch samolotów bojowych o napędzie tłokowym. Był to poligon doświadczalny dla samolotów, który pozwolił na ocenę ich zalet i wad. Zweryfikowano wówczas tezę, że na samolotach odrzutowych możliwy jest tylko jeden atak (duża prędkość) oraz, że nie jest możliwe prowadzenie typowych dla okresu II wojny światowej manewrowych walk powietrznych. Już pierwsze walki powietrzne nad Koreą zaprzeczyły tej teorii.

Przyczyną, która nie pozwoliła na wprowadzenie zmian w prowadzeniu walk powietrznych (wykorzystanie nowych charakterystyk samolotów myśliwskich) był umiarkowany postęp techniczny wykorzystywanego uzbrojenia. Odbiegał on zdecydowanie od postępu technicznego pozostałej techniki lotniczej. Przy wzroście dynamiki prowadzenia walk powietrznych prawie nie zmieniła się odległość skutecznego ognia. Było to przyczyną znacznego zmniejszenia ilości zestrzeleń samolotów w walkach powietrznych. Przykładowo, w czasie II wojny światowej w walce z udziałem 110-160 samolotów o napędzie tłokowym zestrzeliwano średnio 28...55 samolotów natomiast w wojnie koreańskiej w walce

tej samej liczby myśliwców odrzutowych zestrzeliwano 7...12 samolotów)[1]. Ponadto w czasie wielu walk strat w ogóle nie notowano.

Dalszy rozwój działek lotniczych nie mógł zmienić radykalnie tej sytuacji. Także niekierowane pociski rakietowe charakteryzowały się małą skutecznością. Z powodu małej celności można je było używać w walkach myśliwskich na odległościach niewiele większych od odległości stosowania uzbrojenia artyleryjskiego. Ponadto samoloty uzbrojone w pociski niekierowane miały pogorszone charakterystyki lotne-techniczne i aerodynamicznie. Wyjściem mogło być wprowadzenie kierowanego uzbrojenia rakietowego.

Rozpoczął się okres zmiany teorii „zmasowanego uderzenia" na rzecz „zmasowanego odwetu". Teorii opartej na użyciu rakiet międzykontynentalnych i rozwoju lotnictwa taktycznego, a zmierzchu lotnictwa strategicznego oraz na „zachłyśnięciu" się najnowszą techniką. Zauroczenie możliwościami wynikającymi z postępu technicznego i technologicznego było przyczyną budowania samolotów myśliwskich, które można określić jako „pocisk z człowiekiem wewnątrz". Ta idea dominowała przez następne dwadzieścia lat i została zweryfikowana w walce w kolejnych konfliktach lokalnych.

„Prędkość i jeszcze raz prędkość" - taka koncepcja walki powietrznej zaowocowała tym, że budowano samoloty rozwijające coraz większe prędkości kosztem innych parametrów, takich jak przyśpieszenia, możliwe do uzyskania przeciążenia a więc kosztem ich zwrotności.

Przykładem tak projektowanych samolotów są np.: MiG-21, Su-9, F-104, F-86, F-89 oraz F-94. Wszystkie te samoloty rozwijały duże prędkości lotu i teoretycznie mogły wykonywać zadania bojowe we wszystkich warunkach atmosferycznych, zarówno w dzień jak i w nocy. Zostały wyposażone w pokładowe stacje radiolokacyjne oraz uzbrojone wyłącznie w kierowane pociski rakietowe klasy „powietrze-powietrze"[2]. Takie uzbrojenie wymuszała

---

[1] Porównaj J. Gotowała *Splątane wiraże*. Warszawa 1992.
[2] Ten rodzaj uzbrojenia został potraktowany jako niezawodny – przypis autora.

obowiązująca ówcześnie idea prowadzenia walki. Można sformułować ją w następujący sposób: walka ma być w maksymalnym stopniu zautomatyzowana, zestrzelenie przeciwnika ma nastąpić poprzez użycie układu „stacja radiolokacyjna - rakieta". Samolot był traktowany jako platforma do przenoszenia pocisków rakietowych, zaś pilot jako mechanizm wykonawczy komend przekazywanych z naziemnych punktów dowodzenia. Dążono do maksymalnego uproszczenia manewru przechwycenia i ataku, przy równoczesnym zwiększaniu prędkości. Przeciwnik z powodu odległości użycia uzbrojenia nie powinien sobie zdawać sprawy z faktu zaatakowania go. Takie pojęcia jak zwrotność czy manewr zeszły na dalszy plan. W przekonaniu niektórych słuszność tej idei występuje do dnia dzisiejszego.

Wojna w Wietnamie wykazała błędność tej teorii. Pierwsze walki powietrzne z użyciem kierowanych pocisków rakietowych klasy „powietrze-powietrze" wykazały, że jest to jeszcze broń o małej skuteczności, dużej zawodności i posiada wiele ograniczeń użycia. Preferowanie jednorazowego, zmasowanego ataku rakietowego prowadziło do sytuacji, że po jego wykonaniu samoloty pozostawały praktycznie bezbronne. Często zdarzało się, że w identycznej sytuacji znajdowały się samoloty obu walczących stron, ponieważ koncepcja wykorzystania myśliwców i ich uzbrojenia była podobna. Zmusiło to konstruktorów i taktyków do ponownego wprowadzenia na uzbrojenie myśliwców działka lotnicze w celu rozwiązania tego problemu. Doświadczenia z tej wojny wiele wniosły do rozwoju lotnictwa myśliwskiego na całym świecie weryfikując wiele poglądów i idei. Stało się jasne, że konieczne jest zastosowanie we wszystkich samolotach myśliwskich obu wariantów uzbrojenia to znaczy artyleryjskiego i rakietowego. Jeszcze w czasie trwania wojny w Wietnamie zaczęto dozbrajać samoloty w działka. W niektórych montowano je jako integralne na płatowcu (np. na samolotach typu F-4, F-104, F-5) w innych zaś w specjalnych gondolach pod kadłubem (MiG-21 PMF).

Okazji do sprawdzenia słuszności wniosków taktycznych wyciąganych z wojny w Wietnamie dostarczyły konflikty zbrojne na Bliskim Wschodzie. Interesującym konfliktem była wojna „październikowa" w 1973 roku. W poprzedzających ją konfliktach arabsko-izraelskich, (np. w wojnie 1967 roku) lotnictwo państw arabskich ponosiło ogromne, bo 95% straty na ziemi i tylko nieznaczny procent lotnictwa był niszczony w powietrzu. Dopiero w 1973 roku Izrael napotkał na zdecydowany opór państw arabskich i ich dobrze przygotowaną obronę przeciwlotniczą. Samoloty myśliwskie obu stron biorących udział w tym konflikcie były nowymi, bardziej manewrowymi wersjami samolotów omawianych wcześniej. Zostały wyposażone w nowocześniejsze systemy kierowania ogniem, kierujące mieszane rakietowo-artyleryjskie uzbrojenie (głównie samoloty użytkowane przez Izrael). Procentowe straty arabskie w tej wojnie były odwrotne tzn. na ziemi zostało zniszczonych około 10% lotnictwa, zaś w walkach powietrznych ponad 80%.

Większość walk powietrznych przeprowadzono przy wzrokowej obserwacji celu, co pozwalało na dostatecznie szybkie rozpoznanie manewru przeciwnika i natychmiastowe przeciwdziałanie. Powszechną stała się rezygnacja ze zbyt wczesnego używania celowników radiolokacyjnych, co pozwalało na uzyskanie zaskoczenia, eliminując zarazem możliwość użycia rakiet klasy „powietrze-powietrze" średniego zasięgu. Tendencja do rozpoczynania walki na dużej odległości odpaleniem kierowanych pocisków rakietowych łączy się w przypadku nie uzyskania trafień z brakiem zaskoczenia. Większość takich nieudanych prób kończyła się zestrzeleniami ogniem uzbrojenia artyleryjskiego z małej odległości, czyli wejściem w manewrową walkę powietrzną na małych odległościach. Najlepszą pozycją do przeprowadzenia zaskakującego ataku okazała się pozycja z tylnej dolnej półsfery z możliwie małej odległości. Umożliwiała ona skuteczne atakowanie przeciwnika i jego obserwację nawet podczas stosowania energicznych manewrów.

Potwierdzona została również opinia, że ugrupowanie bojowe jest uzależnione od zasięgu skutecznego ognia środków rażenia samolotów myśliwskich. Podczas prowadzenia walk manewrowych zdarzały się sytuacje, w których prowadzący drugiej pary myśliwskiej klucza, mając w polu widzenia cel, niejednokrotnie obserwował z przodu również własną parę prowadzącego. W takiej sytuacji znajdując się w pobliżu minimalnej odległości odpalenia rakiet kierowanych zmuszony był rezygnować z ich użycia, a jedynie atakować przeciwnika ogniem z działek z niewielkim zazwyczaj skutkiem (duża odległość). Było to spowodowane zagrożeniem, iż użycie rakiet może zagrozić parze prowadzącego.

Większość walk powietrznych prowadzonych na Bliskim Wschodzie w 1973 roku odbyła się na małych odległościach i miały one charakter walk manewrowych. Charakteryzowały się dynamicznym przebiegiem, wzrokową widzialnością celu i szerokim stosowaniem uzbrojenia artyleryjskiego i rakietowego - głównie pocisków małego zasięgu. Powodzenie i skuteczność w takich walkach były zwykle po stronie samolotów charakteryzujących się lepszą zwrotnością i uzbrojeniem, które mogło być stosowane w warunkach występowania dużych przeciążeń. Mimo wysiłków mających zapewnić skrytość podejścia atakowany często wykrywał atakującego przed rubieżą otwarcia ognia co pozwalało mu na wczesne podjęcie przeciwdziałania. Występowały również trudności w wykorzystaniu stacji radiolokacyjnej z uwagi na zakłócenia radioelektroniczne stosowane przez przeciwnika.

Po tym konflikcie większość krajów powróciła do stosowanego wcześniej szkolenia pilotów w tej dziedzinie. Konflikt ten udowodnił także potrzebę kontynuowania prac nad doskonaleniem kierowanych rakiet klasy „powietrze-powietrze".

W latach osiemdziesiątych i początku dziewięćdziesiątych wykorzystano w pełni doświadczenia z wszystkich wcześniejszych konfliktów. Stało się to możliwe dzięki pojawieniu się nowych technologii w zakresie materiałów

wykorzystywanych do budowy samolotów oraz znacznego postępu w mikroelektronice i technice komputerowej. Rozważając zmiany odbywające się w taktyce prowadzenia walk powietrznych spowodowanych rozwojem uzbrojenia, nie można pominąć zmian charakterystyk lotnych nowo wprowadzonych samolotów. Samoloty ostatnich generacji zostały przygotowane aerodynamicznie do prowadzenia dynamicznych, wysoce manewrowych walk powietrznych, zaś ich uzbrojenie do możliwie autonomicznego działania. Często przytaczane jako wzorzec współczesnej walki powietrznej pojedyncze walki samolotów amerykańskich typu F-14 czy F-15 z technicznie przestarzałymi samolotami libijskimi typu MiG-23, czy też z Su-22, potwierdzają jedynie, że przy konfrontacji ze sobą przeciwników posiadających tak różne jakościowo systemy uzbrojenia wynik walki jest praktycznie przesądzony. Aby wyciągać prawidłowe wnioski dotyczące prowadzenia współczesnej walki powietrznej, w szczególności manewrowej walki powietrznej, należy oprzeć się na przykładach walk stoczonych pomiędzy porównywalnymi typami samolotów walczących stron.

Konfliktem, który wywarł duży wpływ na poglądy wielu ekspertów był konflikt pomiędzy Wielką Brytanią a Argentyną o Falklandy-Malwiny. Jak wynika z aktualnej oceny przeprowadzonych wówczas działań najczęstszymi przyczynami ponoszonych strat w walkach mogą być:

- niedocenianie umiejętności, uzbrojenia i wartości bojowej przeciwnika;
- niski poziom przygotowania personelu latającego do prowadzenia współczesnych działań w powietrzu;
- trudności w zaskoczeniu przeciwnika w czasie prowadzenia działań;
- brak pełnej i wiarygodnej informacji radiolokacyjnej o sytuacji powietrznej w rejonie prowadzenia działań bojowych;
- różnica jakościowa i ilościowa użytego sprzętu bojowego.[1]

Przyczyny te miały wpływ na porażkę lotnictwa argentyńskiego.

---

[1] J. Gotowała *Splątane wiraże*. Bellona. Warszawa 1992, s. 78.

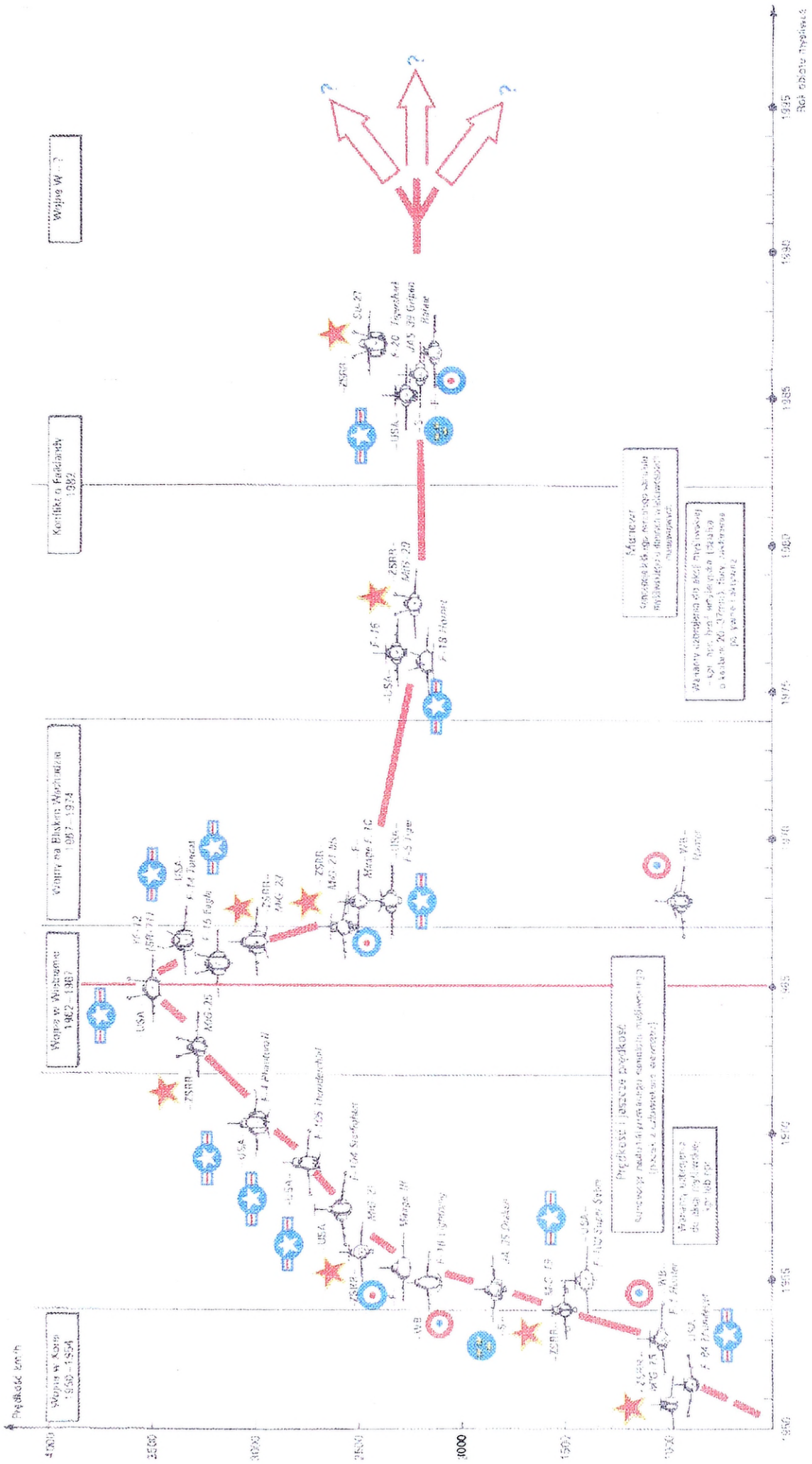
Został tam po raz pierwszy użyty w walkach powietrznych nowy jakościowo samolot pionowego startu i lądowania Harrier GR Mk3. Jego możliwości bojowe wzrosły dodatkowo poprzez uzbrojenie go w rakiety AIM-9 wersji L, znacznie lepszymi od wykorzystywanych przez Argentyńczyków wersji B. Nowym często wykonywanym manewrem, wykorzystującym możliwości samolotu Harrier był manewr bojowy typu „Break”[1].

Pilot Harriera po wykryciu w swej tylnej półsferze atakującego Argentyńczyka, lub nawet po zarejestrowaniu odpalenia przez niego w swoim kierunku pocisku rakietowego natychmiast hamował i zmieniając kierunek ciągu wykonywał energiczny manewr obronny z takim wyliczeniem, aby rakieta minęła go, zaś atakujący samolot znalazł się na jego trawersie. Zerwanie tego ataku możliwe było głównie z powodu uprzednio wspomnianych mało doskonałych rakiet AIM-9 B użytkowanych przez Argentyńczyków. Podstawową, niezwykle skuteczną bronią w tych walkach były samonaprowadzające się na podczerwień pociski rakietowe AIM-9 *Sidewinder L.* Skuteczność tych rakiet została potwierdzona także w walkach stoczonych w czasie tzw. „Pakistańskiej wojnie granicznej” trwającej w latach 1979 - 1989. Walki te były z reguły prowadzone w celu zwalczania naruszających granicę pakistańsko-afgańskiej.

Przykładem udanej modernizacji uzbrojenia może być wyposażenie w nowoczesne rakiety AIM-120 AMRAAM jednego ze skrzydeł myśliwskich biorących udział w operacji „Pustynna Burza”. 27 grudnia 1992 roku iracki MiG-25 stał się pierwszą ofiarą tej nowoczesnej rakiety. Sukces ten uzyskał amerykański pilot samolotu F-16 D wykorzystując rakietę zgodnie z zasadą - „odpal i zapomnij” (cel znajdował się poza widocznością wzrokową).

BIBLIOTEKA GŁÓWNA

[1] „Break” - Unik - jest to manewr obronny, wykonywany przez pilota, kiedy samolot atakujący go dochodzi do pozycji skutecznego strzału lub już ją osiągnął. Jest to ciasny zakręt w stronę, z której zbliża się atakujący. Zadaniem manewru jest szybkie zwiększenie kąta między osiami podłużnymi samolotów.



Rys.1.2. Ewolucja taktyki i prędkości samolotów myśliwskich po kolejnych konfliktach[1]

[1] Porównaj J. Gotowała *Splątane wiraże*. Warszawa 1992.

Lotnictwo szturmowe przeznaczone jest do zwalczania obiektów naziemnych i nawodnych w strefie taktycznej i bliskiej operacyjnej z małych i bardzo małych wysokości w celu zapewnienia wsparcia lotniczego wojsk lądowych i marynarki wojennej.
Ponadto może być wykorzystywane do zwalczania celów powietrznych o zbliżonych właściwościach lotno-technicznych (w osłonie wojsk własnych) i do prowadzenia rozpoznania powietrznego.

Za początek powstania lotnictwa szturmowego można przyjąć koniec I wojny światowej mimo, że w pierwszym okresie jego działania sprowadzały się do improwizacji i przypadkowych epizodów obrzucania wojsk lądowych granatami i bombami o niewielkich wagomiarach, oraz ostrzeliwania ich pozycji z broni pokładowej.

Jako pierwsi, w lutym 1918 r. sformowali je jako odrębny rodzaj lotnictwa Niemcy. Ujęli w ramy organizacyjne wydając instrukcję jego użycia. W ślad za tym rozpoczęli przygotowanie samolotów odpornych na przeciwdziałanie z ziemi (opancerzonych od dołu) i wyposażanie ich w silne uzbrojenie strzelecko-bombardierskie (pierwszym udanym przykładem jest J-10 konstrukcji Hugo Junkersa). Dalszy Rozwój tego rodzaju lotnictwa został zahamowany zakończeniem działań wojennych.

Dalszy, w miarę intensywny rozwój tego rodzaju lotnictwa miał miejsce w końcu lat trzydziestych w ZSRR gdzie w 1926 r zorganizowano pierwsze jednostki tego rodzaju. Choć nie brak wśród teoretyków nauk wojskowych poglądów, że produkcję samolotów szturmowych w tym okresie w ZSRR można wiązać z próbami zrekompensowania braków lotnictwa bombowego. Oczywiście nie można wykluczyć całkowicie wpływu na jego rozwój prób szybkiego znalezienia innego (poza bronią ppanc.) środka do zwalczania czołgów z niewielkich odległości od linii styczności bojowej wojsk - w końcu jest to jedno z głównych zadań ogniowych lotnictwa szturmowego.

Również dla niemieckiego lotnictwa szturmowego lata 1936÷1938 (okres wojny domowej w Hiszpanii) były okazją do gromadzenia cennych doświadczeń jego wykorzystania w bezpośrednim współdziałaniu z wojskami pancernymi i zmotoryzowanymi.

Głównym zadaniem lotnictwa szturmowego w tym okresie było zwalczanie czołgów, artylerii, zgrupowań wojsk i umocnionych obiektów naziemnych.

Najbardziej dynamiczny rozwój lotnictwa szturmowego w dziedzinie konstrukcji samolotów tego rodzaju nastąpił dopiero w okresie II wojny światowej. Stało się ono wówczas podstawowym rodzajem (elementem) wsparcia wojsk lądowych. Natomiast same działania wojenne z udziałem lotnictwa szturmowego pozwoliły na weryfikację różnych często przeciwstawnych koncepcji jego użycia.

Pierwsze doświadczenia Armii Radzieckiej z zastosowania LSz nie były zbyt optymistyczne. Główną przyczyną takiego stanu rzeczy było nieodpowiednie (zbyt słabe) uzbrojenie i duża wrażliwość na przeciwdziałanie OPL przeciwnika. Dopiero rok 1942 z debiutującym wówczas samolotem Ił-2 (uznanym później za najlepszy samolot szturmowy II wojny światowej) zmienił w sposób zdecydowany efektywność wykorzystania lotnictwa szturmowego.

Na szczególną uwagę zasługuje jego silne uzbrojenie strzeleckie, duża odporność na uszkodzenia, wysoka manewrowość oraz możliwość działania z polowych, doraźnie przygotowanych lotnisk. Wszystkie te cechy szczególnie pożądane do realizacji stojących przed nim zadań ogniowych czyniły z niego klasyczny wzorzec samolotu szturmowego. W korzystny sposób połączył on cechy samolotu myśliwskiego i bombowego. Określenie „latający czołg" powstało specjalnie dla niego.

Po uzyskaniu przez Armię Radziecką przewagi, a nawet panowania w powietrzu po 1943 r znaczenie lotnictwa szturmowego znacznie wzrosło, a działania zaczęły przybierać formy natarcia lotniczego. Pozwoliłó to na wypracowanie następujących, typowych sposobów działań:

* uderzenia ześrodkowanego - wykonanego w jednym czasie (lub w krótkich odstępach) na jeden lub kilka zgrupowań czołgów, stanowisk artylerii oraz umocnień;
* kolejnych uderzeń - prowadzonych po przełamaniu obrony, poprzez długotrwałe i nieprzerwane działanie na przeciwnika;
* samodzielne poszukiwanie - prowadzone w składzie pary (rzadziej klucza) w wyznaczonym rejonie działań w celu wyszukiwania i zwalczania obiektów o dużym znaczeniu (np. kolumny wojsk, transport drogowy i kolejowy itp.)

Bezpośrednie wsparcie wojsk, w połączeniu z dużą siłę ognia i wysoką manewrowość wykorzystywanych samolotów zapewniło wysoką efektywność taktyczną działań bojowych.

W lotnictwie szturmowym Niemiec (bazującym na doświadczeniach uzyskanych podczas wojny w Hiszpanii) wysoką efektywność działań umożliwił bardzo nowoczesny system dowodzenia lotnictwem. Zadania bezpośredniego wsparcia były wykonywane głównie na wezwanie drogą radiową co pozwoliło na skoncentrowanie działań na precyzyjnie określone obiekty przeciwnika.
Drugim zadaniem lotnictwa szturmowego (według niemieckiej koncepcji użycia) była izolacja rejonu walki pozwalająca na opóźnienie lub wręcz uniemożliwienie wejścia do działań wojsk lądowych przeciwnika.
Zadaniami dodatkowymi realizowanymi przez ten rodzaj lotnictwa były: osłona wojsk własnych oraz prowadzenie rozpoznania lotniczego.

W lotnictwie angielskim i amerykańskim do 1943 roku nie utworzono typowego lotnictwa szturmowego. Zadania wsparcia lotniczego w końcowym okresie wojny były realizowane przez jednostki lotnicze oddane do dyspozycji wojsk lądowych - tak zwane Lotnictwo Przydzielone zawierające dywizjony myśliwskie i bombowe.

Tworzony decyzją dowódcy wojsk lądowych „Plan użycia lotnictwa" obejmował obiekty przeznaczone do zwalczania i obezwładniania, oraz

przewidywał (podobnie jak w lotnictwie szturmowym Niemiec) zwalczanie na wezwanie z pola walki wykrytych obiektów.

Główne zadania lotnictwa szturmowego według tej koncepcji to izolacja pola bitwy (opóźnienie lub uniemożliwienie wejścia w rejon działań wojsk przeciwnika) obezwładnienie artylerii oraz prowadzenie działań pościgowych i opóźniających.

Tak więc okres II wojny światowej miał decydujące znaczenie dla rozwoju teorii użycia lotnictwa szturmowego dzięki szybkiej weryfikacji nowych koncepcji podczas działań bojowych.

Po zakończeniu II wojny światowej w latach pięćdziesiątych dominował pogląd, że ewentualna przyszła wojna będzie krótkotrwałym konfliktem jądrowym. Przyjęcie takiej doktryny w połączeniu z zastosowaniem w samolotach napędu odrzutowego, a co za tym idzie pogonią za osiąganiem dużych prędkości i wysokości lotu spowodowało powolny ale systematyczny zanik lotnictwa szturmowego. Samoloty odrzutowe miały stać się głównie nosicielami taktycznej broni jądrowej. Samoloty takie nie mogły sprawdzić się w działaniach szturmowych z powodu dużych prędkości utrudniających wykrycie i niszczenie małych i często zamaskowanych celów zwalczanych przez ten rodzaj lotnictwa Mało manewrowe, nie zabezpieczone przed ogniem OPL[1] a przy tym stosunkowo drogie konstrukcje straciły rację bytu na ówczesnym polu walki. .

Dopiero doświadczenia zebrane w konfliktach zbrojnych w Korei, Wietnamie, w wojnach arabsko-izraelskich, a szczególnie w Zatoce Perskiej i w Afganistanie skłaniają do stwierdzenia, że idea wykorzystania lotnictwa szturmowego wraca do łask. Lotnictwo bojowe zaczęło odczuwać konieczność wprowadzenia na uzbrojenie wyspecjalizowanych, wysoko manewrowych samolotów szturmowych. Powinny one być odporne na ogień przeciwlotniczy i powinny być wyposażone w różnorodne środki (również kierowane bomby i pociski rakietowe) do niszczenia celów naziemnych.

---

[1] Porównaj współcześnie wykorzystywane A-10A i Su-35.

Lotnictwo myśliwsko-bombowe przeznaczone jest do zwalczania ważnych celów naziemnych (nawodnych), głownie ruchomych, w strefie taktycznej i operacyjnej na korzyść wojsk lądowych, powietrzno-desantowych, Marynarki Wojennej i innych rodzajów lotnictwa.[1]

Prawdziwy rozwój LMB przypada na lata II wojny światowej. Prekursorami byli Niemcy, którzy w okresie Bitwy o Wielką Brytanię rzucili do walki, w miejsce dziesiątkowanych przez brytyjskie myśliwce powolnych bombowców nurkujących Ju-87, samoloty myśliwskie BF-109 E, przystosowane do przenoszenie jednej bomby (250 kg) na zaczepie pod kadłubem. Od tego momentu w pułkach lotnictwa myśliwskiego 1 eskadra była stale wyspecjalizowana w zadaniach uderzeniowych.

Od roku 1943 eskadry te zaczęły systematycznie otrzymywać myśliwsko-bombowe wersje samolotu myśliwskiego FW-190. Samolot ten charakteryzował się dużą prędkością lotu (wykorzystywaną z powodzeniem do przenikania nad cel na małej i bardzo małej wysokości) i wysoką żywotnością (silna metalowa konstrukcja, opancerzenie newralgicznych elementów, silnik gwiazdowy o dużej odporności na trafienia odłamkami) oraz silnym, stałym uzbrojeniem lufowym w postaci dwóch działek (20 mm), dwóch karabinów maszynowych (7,9 mm) i dużego asortymentu podwieszanych środków rażenia (bomby, niekierowane pociski rakietowe –„npr", zasobniki strzeleckie z karabinami maszynowymi i działkami). Kosztem części udźwigu uzbrojenia można było podwieszać dodatkowe zbiorniki paliwa, co korzystnie wpływało na wzrost taktycznego promienia działania. Samoloty myśliwsko-bombowe FW-190, po zrzucie (odpaleniu) ładunku bojowego, mogły z powodzeniem toczyć manewrowe walki w powietrzu.

W tym samym okresie rozpoczął się rozwój LMB w innych państwach. W USA momentem przełomowym było lądowanie w Afryce Północnej (jesień 1942 r.), kiedy to wynikła potrzeba bardziej zdecydowanego wsparcia sił lądowych

---

[1] *Leksykon wiedzy wojskowej.* Warszawa 1979 s. 195.

uderzeniami nie tylko taktycznego lotnictwa bombowego, ale i myśliwskiego. Wyznaczono wówczas niezbędną liczbę dywizjonów myśliwskich (przede wszystkim na „słabszych" samolotach - P-39 i P-40), które (potocznie nazwano myśliwsko - bombowymi) zaczęły specjalizować się w uderzeniach na cele naziemne grupami od 6 do 8 (maksymalnie 12) samolotów, przede wszystkim atakując bombami z lotu nurkowego i ogniem z broni lufowej z lotu koszącego (w jednym lub w dwóch atakach). Oficjalnie nazwę dywizjonów myśliwsko-bombowych otrzymały jedynie nieliczne dywizjony, wyposażone w szturmowe wersje samolotu myśliwskiego P-51 (A-36), uzbrojone w cztery działka 20 mm zdolne do precyzyjnych bombardowań bombami 453 kg z lotu nurkowego pod dużymi kątami (później dodatkowo otrzymały one niekierowane pociski rakietowe „npr'').

Począwszy od roku 1943 wspomniane typy samolotów myśliwskich w dywizjonach o charakterze myśliwsko-bombowych zaczął powszechnie zastępować najlepszy amerykański samolot tego okresu P-47, podobny pod względem możliwości bojowych, konstrukcji oraz uzbrojenia do FW-190.

W podobnych okolicznościach (również w Afryce, w latach 1940 - 43) zaczęło rozwijać się brytyjskie lotnictwo myśliwsko-bombowe, które choć usankcjonowało nazwy „dywizjon myśliwsko-bombowy" to jednak posiadało dywizjony myśliwskie wyspecjalizowane w uderzeniach na cele naziemne. Wszystkie te samoloty (o charakterze myśliwsko-bombowym) ze względu na niewielki taktyczny promień działania były zdolne do wykonania uderzeń jedynie w ramach bezpośredniego wsparcia ogniowego walczących wojsk i izolacji pola walki.

Jedynie Wielka Brytania pokusiła się o zbudowanie dwusilnikowego samolotu myśliwsko-bombowego, zdolnego do realizacji zadań w wymiarze operacyjnym (izolacja rejonu działań bojowych, walka z odwodami i komunikacją przeciwnika). Samolot ten - Moskito FB Mk VI - charakteryzowała ponadto duża manewrowość; mógł on w przypadku zaatakowania przez myśliwce przeciwnika

z powodzeniem prowadzić manewrową walkę powietrzną. Do walk tych dochodziło zresztą bardzo rzadko, ze względu na zasadę przenikania do obiektu uderzenia na bardzo małej wysokości, z maksymalną prędkością. Uzbrojenie stanowiły cztery działka 20 mm i cztery karabiny maszynowe w przedniej części kadłuba oraz cztery bomby każda po 226 kilogramów lub jedna bomba 2000 kg - przenoszone w komorze bombowej (od roku 1943 - również 8 npr na belkach podskrzydłowych).

Pomimo posiadania tak udanych samolotów myśliwsko-bombowych, lotnictwo brytyjskie nie zdecydowało się na utworzenie z nich samodzielnego rodzaju lotnictwa, zadawalając się jedynie wprowadzaniem ich do dywizjonów taktycznego lotnictwa bombowego.

Doświadczenia z lat II wojny światowej pozwoliły na zdefiniowanie lotnictwa myśliwsko-bombowego jako lotnictwa przeznaczonego do zwalczania obiektów naziemnych (nawodnych) przede wszystkim małowymiarowych i ruchomych w strefie taktycznej i operacyjnej oraz zwalczania celów powietrznych. Zadania te mogą być realizowane zamiennie, w zależności od konkretnej sytuacji z wykorzystaniem szerokiej gamy uzbrojenia strzelecko-artyleryjskiego, bombowego i rakietowego.

W pierwszych latach powojennych samolot był jedynym, a następnie podstawowym nosicielem broni jądrowej. Nastąpił dalszy rozwój lotnictwa myśliwskiego, który wyraźnie podzielił go na myśliwskie lotnictwo przechwytujące (samoloty wyróżniał celownik radiolokacyjny i uzbrojenie rakietowe) oraz lotnictwo myśliwsko-bombowe o prostszym wyposażeniu (brak celownika radiolokacyjnego). Samoloty te jednak charakteryzowały się większym udźwigiem i zachowały duży asortyment uzbrojenia do zwalczania celów powietrznych oraz naziemnych (nawodnych).

W Stanach Zjednoczonych LMB podporządkowane zostało, w zreorganizowanym lotnictwie wojskowym nowo powołanemu Dowództwu Taktycznemu. W wojnie koreańskiej (1950-1953) powszechne zastosowanie

znalazły takie samoloty myśliwsko-bombowe jak: F-80, F-84 i F-86, które wykonywały głównie zadania zwalczania obiektów pola walki i izolacji rejonu (atakując wojska na drogach marszu i w rejonach koncentracji sposobami dobrze znanymi jeszcze z lat II wojny światowej). W tym czasie do arsenału uzbrojenia samolotów F-84 włączone zostały taktyczne bomby jądrowe. Przy tym wyposażenie F-84 w instalację uzupełniania paliwa w locie zwiększyło ich taktyczny promień działania i możliwości użycia. W 1953 roku wprowadzony został pierwszy samolot naddźwiękowy typu F-100.

Podobny proces, choć rozpoczęty nieco później bo w roku 1957 miał miejsce w ZSRR. Początkowo na wyposażeniu LMB znajdowały się doraźnie zaadaptowane samoloty myśliwskie MiG-15 i MiG-17, później - „docelowe" naddźwiękowe Su-7 B, będące nosicielami nosiciele taktycznej broni jądrowej.

Dynamiczny rozwój balistycznych pocisków rakietowych ziemia-ziemia i przeciwlotniczych zestawów rakietowych (PZR) oraz przyjęta powszechnie w NATO i UW koncepcja „atomowego" pola walki, dały nowy impuls do rozwoju LMB. Uznano bowiem, że pokonanie systemu OP o nowej jakości, dokładne wyjście samolotu na cel w każdych warunkach oraz wykonanie precyzyjnego zrzutu bomby jądrowej będzie możliwe tylko w przypadku, gdy samolot o dużej naddźwiękowej prędkości lotu wykona lot wg profilu: „wysoki" dolot - „niski" atak - „niskie" odejście - „wysoki" powrót, zostanie wyposażony w precyzyjny układ nawigacyjny i celowniczy (celownik radiolokacyjny) i zrzuci bombę jądrową na małej wysokości z lotu wznoszącego bez narażania się na skutki wybuchu.

Pierwszym samolotem myśliwsko-bombowym, zbudowanym wg nowej koncepcji był amerykański F-105 (1958 rok), w którym duże zdolności uderzeniowe osiągnięto kosztem ograniczenia funkcji myśliwskich. Możliwość prowadzenia walki powietrznej sprowadzono do samoobrony w warunkach kontaktu wzrokowego.

W momencie gdy zmalało znaczenie lotnictwa bombowego również koncepcja jednozadaniowych myśliwskich samolotów przechwytujących straciła sens. Opracowano zatem koncepcję taktycznego samolotu myśliwskiego, który poza zdolnością wykonywania zadań przechwytywania w każdych warunkach atmosferycznych został dostosowany do atakowania celów naziemnych (nawodnych). Najpierw był to amerykański F-4 C, następnie powstały takie konstrukcje jak F-104 G, Mirage III E, czy MiG-21 SM.

Wysoka cena i stopień skomplikowania konstrukcji F-105 spowodowały, że niewiele państw ze względów ekonomicznych zdecydowało się swoje LM i LMB wyposażyć w te właśnie samoloty. W ten sposób znacznie ujednolicono sprzęt bojowy a jednostki LM od jednostek LMB różni w zasadzie tylko profil szkolenia personelu latającego.

Różnice w szczegółach wyposażenia samych samolotów były niewielkie (w praktyce - w LMB dodano instalacje niezbędne do przenoszenia broni jądrowej). Nadal jednak utrzymano produkcję „prostych" samolotów myśliwsko - bombowych, różniących się od samolotów generacji z pierwszych lat 50-tych najczęściej tylko naddźwiękową prędkością lotu i bogatszym wyposażeniem elektronicznym oraz nieznacznie zwiększonym udźwigiem uzbrojenia (F-100 D, Mirage 5, Su-7 BKŁ).

Konflikty zbrojne w latach 60-tych i 70-tych wzbogaciły doświadczenia z użyciem LMB. Do tej pory taktyka LMB zakładała uderzenia par- kluczy samolotów (pojedynczych załóg) z małej wysokości (100...300 m), z lotu poziomego lub nurkowego, z wykorzystaniem bomb (z lotu wznoszącego - bombą jądrową) i jeden lub dwa kolejne ataki z npr (oraz działek) z lotu nurkowego z kątem 10°...45°, odejście od celu na bardzo małej lub średniej wysokości (3000...4000 m). Okazało się również, że LMB może z powodzeniem bombardować z lotu poziomego, z wysokości 4000...6000 m (samoloty z rozbudowanym kompleksem nawigacyjnym) oraz z lotu nurkowego z kątem nurkowania 30°°...60° przy wysokości wprowadzenia 4000...8000 m i

wyprowadzenia 2000...4000 m powyżej strefy ognia małokalibrowej artylerii przeciwlotniczej). Najczęściej ataki wykonywały grupy 4 lub 8 (maksymalnie 12) samolotów równocześnie, z różnych kierunków nalotu (poprzedzone działaniami demonstracyjnymi i WRE). Do zwalczania najgroźniejszych posterunków zwalczania radiolokacyjnego (PZR) wprowadzono samonaprowadzające pociski przeciwradiolokacyjne.

Na bazie zdobytych doświadczeń i ewolucji doktryn militarnych zaczęto opracowywać drugą generację naddźwiękowych samolotów myśliwsko-bombowych (F-111, Tornado-IDS, Su-24 i „prostsze" : Jaguar, Su-17, Su-20, Su-22). Otrzymały one połączone kompleksy celowniczo-nawigacyjne, wykorzystujące także systemy telewizyjne (termowizyjne), laserowy podświetlacz, pozwalające dokładniej naprowadzić (w fazie ataku) na obiekt uderzenia zapewniając efektywniejsze wykorzystanie poprzez użycie broni precyzyjnej.

W przypadku użycia środków naprowadzanych laserowo, cel musi być podświetlony do momentu trafienia - przy czym sama faza ataku jest w pełni zautomatyzowana. W przypadku atakowania środkami kierowanymi telewizyjnie (termowizyjnie), natychmiast po zrzucie (odpaleniu) środka bojowego samolot może wykonać dowolny manewr odejścia od celu, na przykład w połączeniu z manewrem przeciwrakietowym (przeciwartyleryjskim). Jest to praktyczna realizacja koncepcji „odpal i zapomnij".

Na samolotach „prostszych" precyzyjne środki rażenia można zastosować po wzrokowej identyfikacji celu. W praktyce ogranicza to użycie tej broni do pory dziennej.

Na samolotach współczesnych operator uzbrojenia analizuje obraz i tak stertuje środkiem rażenia, wykorzystując komendy radiowe by ten precyzyjnie trafił w cel. Duża dokładność trafienia kierowanych środków rażenia (kilka metrów) i dogodne warunki ich użycia spowodowały gwałtowne zmniejszenie liczby samolotów myśliwsko - bombowych potrzebnych do zniszczenia celu.

Niewielkie, składające się z 2 do 4 samolotów, grupy uderzeniowe a nawet pojedyncze załogi wyposażone w precyzyjne środki rażenia uzyskały możliwość niemal niezauważonego przenikania do obiektów ataku i skutecznego ich niszczenia.

Postęp naukowo-techniczny w lotnictwie w latach 80-tych spowodował, że najnowsze samoloty myśliwsko-bombowe i taktyczne samoloty myśliwskie zaczęły ponownie „schodzić się" w jeden uniwersalny typ, który tym razem można określić jako samolot myśliwski podwójnego przeznaczenia. Stało się tak dzięki opracowaniu nowych wielofunkcyjnych celowników radiolokacyjnych, zdolnych z jednakową skutecznością rozwiązać zadanie bojowe „powietrze-powietrze" i „powietrze-ziemia" współpracując przy tym ze wspomnianymi już systemami optoelektronicznymi i bronią precyzyjną.

Samolotem takim jest np. amerykański F/A-18 C, w którym już na etapie projektowania w równej mierze uwzględniono wymagania z zakresu zwalczania celów powietrznych (przejście od „obronnych" walk powietrznych w warunkach kontaktu wzrokowego, do walk ze średniej odległości w każdych warunkach atmosferycznych, również na kursach spotkaniowych) i naziemnych (nawodnych). W tej drugiej grupie wymagań dąży się do tego, by wyjście do rejonu celu odbyło się z wykorzystaniem precyzyjnych systemów nawigacyjnych, wspomaganych jedynie okresowo celownikiem radiolokacyjnym (zakres pracy - „mapa terenu"), a sam atak został przeprowadzony w miarę możliwości z wykorzystaniem systemów optoelektronicznych, precyzyjnymi środkami rażenia zrzucanymi (odpalanymi) przy dużej prędkości (okołodźwiękowej), w locie na małej i bardzo małej wysokości z jak największej odległości. Środki te po odpaleniu zwiększają wysokość, następnie przechodzą do lotu szybowego i dopiero potem do ataku z lotu nurkowego. W przypadku gdy czujnik oparty jest na technice laserowej, opromieniowanie celu odbywa się z urządzeń naziemnych lub z samolotu (ze śmigłowca), który najczęściej znajduje się na średniej wysokości z dala od obiektu ataku. Natomiast w przypadku gdy czujnik pracuje

wykorzystując technikę telewizyjną (termowizyjną), faza ataku może być korygowana z pokładu nosiciela za pomocą komend radiowych (lub z samolotu pozostającego w oddali).

Takie „pasywne" podejście do sposobu lotu i ataku ma służyć stworzeniu najbardziej korzystnych warunków pokonania OPL (brak możliwości skutecznego radionamierzania przez przeciwnika) i wykonania zaskakującego uderzenia.

Tabela 1.1. Podstawowe parametry taktyczno-techniczne samolotów LMB.

Parametr / Nazwa	Państwo, rok	Załoga	Liczba silników Ciąg maks. / Z dopalaniem (KN)	Maks. Masa start. (kg)	Maks. Udźwig uzbroj. (kg)	$V_{maks.}$ Mała / duża wys. (km/h)	Pułap praktyczny (m)	Zasięg maks. (km)	Urządzenia celownicze	Uzbr stałe szt./x mm.	Wybrane uzbrojenie kierowane
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Samoloty okresu II wojny światowej											
FW-190G	Niemcy 1943	1	1x1250[1]	5200	1.800	450 / 525	7.500	1500	cel. opt.	2x20 2x7,9	-
Mosquito FBMkVI	Wielka Brytania 1943	2	2x1200[1]	10.200	2.000	520 / 610	8.700	3000	cel. opt.	4x20 4x7,62	-
I generacja samolotów naddźwiękowych											
F-105 D	USA 1960	1	1x76,5 / 1x118,0	23.950	7.800	1350 / 2230	13.700	3850	cel. rlok., cel. opt.	1x20	AGM-12, AGM-45, AGM-78, AIM-9
Su-7BKŁ	ZSRR 1965	1	1x66,7 / 1x94,1	15.950	3.000	1200 / 2150	17.200	1625	cel. opt., cel. bomb.	2x30	-
II generacja samolotów naddźwiękowych											
F111F	USA 1973	2	2x75,0 2x111,5	45.360	13.600	1472 2355	18.000	5600	cel. rlok., cel. opt., PAVE, TACK, AXQ-14, monitor TV	1x20	AIM-9, AGM-65, AGM-84, bomby kierowane laser/TV/TW
Tornado GR-1	Wielka Brytania 1973	2	2x37,8 2x71,2	28.000	9.000	1480 2330	15.250	3895	cel. rlok., cel. opt., RMTS, TIALD	2x30	Alarm Sea Eagle, AIM-9, Mk13/18
Su-17M4	ZSRR 1980	1	1x78,0 1x109,0	19.400	4.000	1350 1850	15.200	2500	cel. opt., Klon-54, Delta, N2G, Winga, monitor TV	2x30	H-25MR, ML/MP, H-29L/T, H-58, R-60

Najpopularniejszymi dziś samolotami tej klasy są: F-15E, F-16C/D, Mirage-2000 -5, Su-27 SM, Su-30 M, MiG-29 SM oraz JAS-39 Gripen. Przy tym wyposażenie poszczególnych konstrukcji w najbardziej wyrafinowane systemy

celownicze i uzbrojenie zależy każdorazowo, przede wszystkim od możliwości finansowych kupującego. Bardzo często kraje mniej zasobne kupują samoloty w wersjach „zubożonych", szczególnie jeśli chodzi o środki do zwalczania obiektów naziemnych w nocy, w każdych warunkach atmosferycznych. Z drugiej strony pojawia się tendencja do produkowania najlepiej wyposażonych samolotów na bazie dwumiejscowych szkolno - bojowych (F-15E, F-18D, Mirage-2000N, Su-30M).

W ostatnich konfliktach zbrojnych toczonych z udziałem lotnictwa, samoloty LMB napotykały na coraz silniejsze działanie OPL. W związku z tym nieustannie musiały rosnąć siły zabezpieczenia działań lotnictwa w stosunku do sił uderzeniowych. Doprowadziło to konstruktorów do stworzenia koncepcji „niewidzialnego" samolotu myśliwsko-bombowego (stealth), charakteryzującego się krańcowo zminimalizowanym echem radiolokacyjnym i zmniejszonym śladem termicznym oraz wyposażeniem wykorzystującym pasywne rodzaje pracy. Pierwszy samolot tego typu to amerykański F-117A, z powodzeniem użyty w operacji „pustynna burza". Mimo podobnych badań w innych państwach formuła samolotu myśliwsko-bombowego nie została powszechnie zaakceptowana. Specjaliści zwrócili uwagę na takie mankamenty F-117A, jak poddźwiękowa prędkość lotu, mały asortyment przenoszonych środków rażenia, zdolność do precyzyjnego rażenia jedynie obiektów dobrze zlokalizowanych i rozpoznanych, słabe właściwości manewrowe i brak uzbrojenia do walki powietrznej. W najnowszej generacji samolotów myśliwskich podwójnego przeznaczenia - obecnie na etapie prób prototypów i wdrażania do produkcji seryjnej (F -22A/B, MiG -29M, F -18E/F, Su -27M/B, Rafale -B/C, JAS -39 Gripen, EFA -2000) - tylko w niezbędnym zakresie uwzględniono wymagania „niewidzialności", zachowując nadal możliwość rażenia i ponaddźwiękową prędkość lotu. Tak więc samolot myśliwski podwójnego przeznaczenia wydaje się zachowywać kompromis pomiędzy „niewidzialnością" a skutecznością bojową, rozumianą jako wielozadaniowość.

Możliwości wykorzystania lotnictwa szkolno-bojowego.

Ocena samolotów szkolnych i szkolno-bojowych jest zadaniem bardzo trudnym i podobnie jak w przypadku pozostałych typów nie może być przeprowadzone bez uwzględnienia ich przeznaczenia i tendencji rozwojowych na świecie.

Analizując przebieg szkolenia pilotów wojskowych warto zwrócić uwagę na pewną prawidłowością (utrzymującą się w większości państw posiadających siły powietrzne) w jego organizacji i przebiegu.

Szkolenie to podzielone jest na następujące etapy:

– szkolenie początkowe;
– szkolenie podstawowe;
– szkolenie zaawansowane;
– szkolenie doskonalące.

Ze względu na prezentowane możliwości bojowe w obszarze zainteresowań autora znalazły się samoloty wykorzystywane w etapach trzecim i czwartym.

W trzecim etapie jakim jest trening doskonalący umiejętności pilotażowe wzbogacony początkami szkolenia taktycznego z użyciem środków bojowych i walki powietrznej wykorzystywane są odrzutowe samoloty szkolno-treningowe wyposażone w uzbrojenie strzeleckie oraz zamki do podwieszania bomb lub pocisków rakietowych.

Czwarty etap (doskonalący trening operacyjny) to doskonalenie pilotażu na samolotach szkolno-bojowych i bojowych.

Z charakterystyki szkolenia pilotów wojskowych wynika ukształtowanie podziału samolotów szkolnych na pięć zasadniczych grup:

– samoloty szkolne i szkolno-treningowe o napędzie śmigłowym;
– samoloty szkolno-treningowe i szkolno-bojowe o napędzie odrzutowym;
– samoloty treningowe o napędzie odrzutowym;
– dwumiejscowe szkolne wersje samolotów bojowych;

– specjalne samoloty treningowe (przeznaczone do szkolenia w nawigacji oraz pilotażu w wybranych fazach lotu).

Warto zwrócić uwagę na to, iż stopniowe wprowadzanie w nowych typach samolotów szkolno-treningowych zespołów napędowych o coraz większych ciągach spowodowało znaczny wzrost ich osiągów i możliwości manewrowych. Stosunkowo dobre osiągi odrzutowych samolotów szkolno-treningowych, jak również wynikająca z tego możliwość zwiększenia ich udźwigów spowodowały z kolei zintensyfikowanie prac konstrukcyjnych nad unowocześnionymi ich wersjami, przystosowanymi w szerszym zakresie do wykonywania zadań bojowych. Aby sprostać tym założeniom wybrano dwa kierunki rozwoju konstrukcji samolotów szkolno-bojowych.

W pierwszym wariancie powstawało wiele wersji bojowych samolotów szkolno-treningowych o różnorodnym uzbrojeniu strzeleckim oraz znacznym udźwigu uzbrojenia bombardierskiego i rakietowego.
Samoloty takie charakteryzują się wprawdzie mniejszym udźwigiem, słabszymi osiągami i uboższym wyposażeniem radioelektronicznym w porównaniu z typowymi samolotami bojowymi lecz posiadają również szereg cennych zalet. Są znacznie prostsze w konstrukcji i użytkowaniu, a więc dużo tańsze w zakupie i eksploatacji.

Praktyka działań wojennych (dotyczy to głównie konfliktów o charakterze lokalnym) wykazała, że uzbrojenie i możliwości manewrowe tych samolotów są wystarczające nie tylko do realizacji zadań szkolenia bojowego, lecz także do wykonywania zadań bojowych (szczególnie w warunkach przewagi w powietrzu). Cennych doświadczeń w tym względzie dostarczyły działania wojenne w Wietnamie, Korei, kolejne wojny izraelsko-arabskie, czy konflikt o Falklandy-Malwiny.

Nie bez znaczenia dla tej koncepcji rozwoju było duże zainteresowanie tego typu samolotami niektórych państw Azji, Afryki i Ameryki Południowej. Eksportowane do krajów Trzeciego Świata znalazły tam - z powodu

ograniczonych możliwości finansowych tych państw - uniwersalne zastosowanie zarówno w szkoleniu jak również do wykonywania zadań typowo bojowych.

Dotyczy to między innymi następujących samolotów: amerykańskie Cessna A-37B i A-37C Dragonfly (powstałe na bazie samolotu szkolno-treningowego, przeznaczonego do podstawowego szkolenia); włoski Aermacchi M.B.326G i M.B.326L, Embraer AT-26 "Xavante" (produkowany na podstawie licencji w Brazylii) - również będący wersją rozwojową samolotu M.B.326; brytyjski BAe "Strikemaster" (wersja rozwojowa samolotu BAe "Jet Provost" T.Mk5) oraz mniej rozpowszechnione serbski Soko "Galeb" G2, hiszpański Hispano Ha-200 "Saeta", indyjski HAL HJT-16, czy kanadyjski CL-41A "Tutor".

Wszystko to sprawiło, że również kraje europejskie (głownie członkowie NATO) zaczęły przejawiać zainteresowanie tego typu konstrukcjami jako samolotami bezpośredniego wsparcia pola walki będącymi alternatywą dla ciężkiego amerykańskiego A-10. Francja i Niemcy (Dassault-Breguet/Dornier) samolotem Alpha Jet, Wielka Brytania (Bae) Hawk'iem i Włochy (Aermacchi) MB-339A wytyczyły nowy kierunek rozwoju - budowę lekkich i manewrowych samolotów pola walki (szturmowców) będącymi jednocześnie względnie tanimi i prostymi w pilotażu samolotami szkolno-bojowymi.

W drugim wariancie rozwoju samolotów szkolno-bojowych były one opracowywane na bazie pierwszych bojowych samolotów odrzutowych, oraz budowa wersji szkolnych użytkowanych samolotów bojowych. Z zasady samoloty dwumiejscowe mogą służyć do celów szkoleniowych po odpowiednim zmodyfikowaniu kabiny nawigatora i jako takie wychodzą poza zakres niniejszych rozważań.

W wyniku analizy przebiegu i rezultatów konfliktów lokalnych oraz zainteresowania potencjalnych nabywców przyjęto koncepcję zastosowania ich do wykonywania zadań polegających na:

– bezpośrednim wsparciu ogniowym wojsk lądowych w czasie działań bojowych;

- osłonie desantów sił lądowych na trasach przelotu i w rejonach wysadzania;
- zwalczaniu desantów powietrznych przeciwnika w czasie przelotu i lądowania;
- walce z transportem przeciwnika;
- prowadzeniu rozpoznania lotniczego;
- prowadzeniu działań nękających w celu dezorganizacji transportu i dyslokacji wojsk;

Z doświadczeń historycznych prezentowanych w przestudiowanej przez autora literaturze wynika, że samoloty szkolne i szkolno-bojowe wykorzystywane w okresie pokoju wnoszą znaczący wkład w zwiększenie potencjału obronnego państwa biorącego udział w konflikcie zbrojnym. Dotychczasowe doświadczenia uzyskane podczas użytkowania samolotów szkolno-bojowych o napędzie odrzutowym, ich stopniowa modernizacja, znaczny wzrost cen paliwa, rozwój techniki lotniczej (szczególnie opracowanie turbinowych silników dwuprzepływowych bardziej ekonomicznych oraz nowych systemów nawigacyjnych) stały się przyczyną dalszej ewolucji poglądów na możliwości ich wykorzystania, jak również na system szkolenia pilotów wojskowych.

Zgodnie z nimi nowoczesny samolot szkolno-bojowy o napędzie odrzutowym powinien charakteryzować się:

- dużym komfortem, wysokim poziomem bezpieczeństwa i dobrą widocznością z kabiny;
- prostą konstrukcją, dużą trwałością i niezawodnością, oraz przystosowaniem do nowoczesnego systemu eksploatacji (diagnostyczne wyposażenie zapewniające eksploatację według stanu technicznego samolotu);
- dobrymi charakterystykami pilotażowymi (podwyższoną statecznością tzw. "sztuczną statecznością" i sterownością);
- bogatym wyposażeniem radionawigacyjnym umożliwiającym loty w trudnych warunkach atmosferycznych (IFR);
- napędem za pomocą turbinowych silników dwuprzepływowych o małym jednostkowym zużyciu paliwa i niskim poziomie hałasu;

– wielowariantowością uzbrojenia umożliwiającą szerokie wykorzystanie w warunkach działań bojowych;
– w miarę możliwości niską ceną.

Współczesny samolot szkolno-bojowy powinien „wylatać" około 6000-8000 godzin w okresie 20 lat. Większy nacisk powinien być położony na dobre charakterystyki manewrowe, a mniejszy niż dotychczas na prędkość maksymalną. Ponadto w większości państw obserwuje się tendencję do znacznej redukcji kosztów szkolenia przez zastępowanie samolotów starszej generacji nowoczesnymi - bardziej ekonomicznymi w eksploatacji.

W latach 1975-1996 powstało wiele samolotów szkolno-bojowych i szkolnno-treningowych w mniejszym lub większym stopniu spełniających te założenia. Warto przeanalizować i porównać te konstrukcje oraz ich walory użytkowe.

Na szczególną uwagę zasługują opublikowane przez USAir Force i US Navy w dokumencie JSORD (Joint Service Operational Requirements Document) w grudniu 1991 r wymagania stawiane konstrukcjom uczestniczącym w konkursie na nowy samolot szkolny.

Są to:

- układ tandem;
- wymagana prędkość na małej wysokości docelowo 500 km/h;
- trwałość samolotu - 20 lat, w tym 15800 godzin;
- fotele katapultowe klasy "zero-zero";
- kabina ciśnieniowa z maksymalną różnicą ciśnień 0,35 MPa;
- cena jednostkowa według cen z 1987 r. 3 mln $;

W programie JPAST (Joint Primary Aircraft Training System) uczestniczyli oficjalnie:

- Lockheed/Aermacchi M.B.339;
- Grumman/Agusta S.211A;
- LTV/FMA Pampa 2000;
- Beech/Pilatus PC-9;
- DA SA(MBB)/Rockwel Fan Ranger .

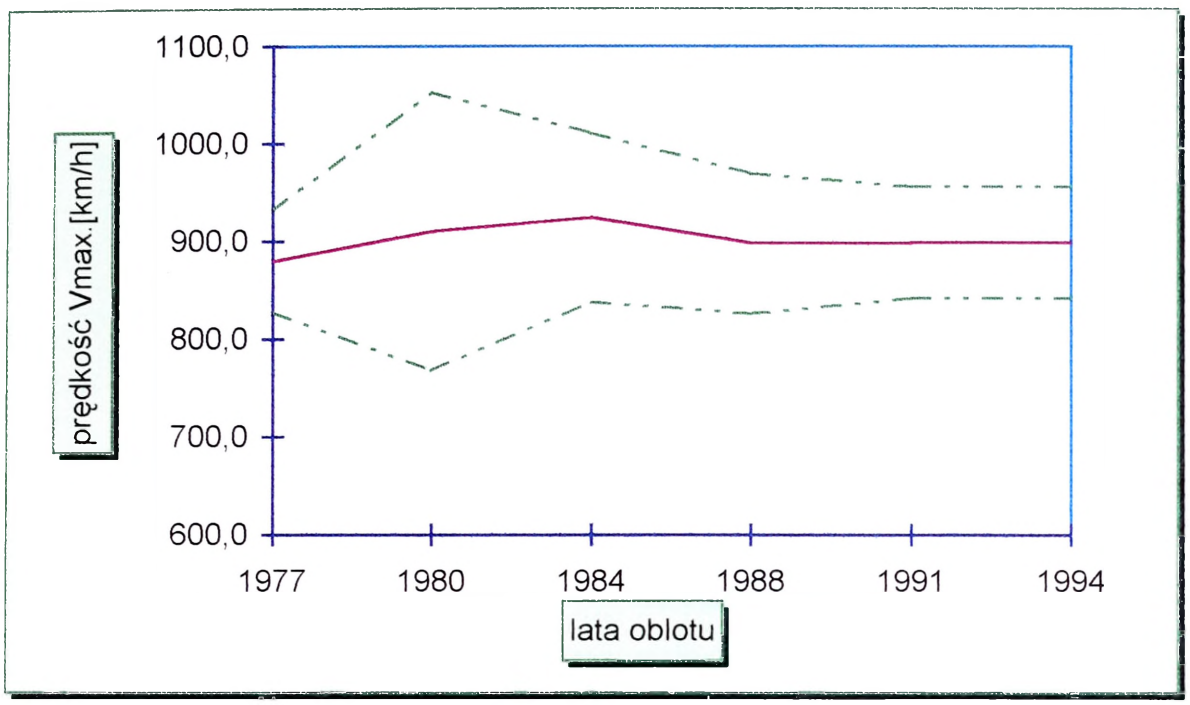
Tabela 1.2 a Podstawowe parametry taktyczno-techniczne samolotów szkolno-bojowych.

Lp.	Wytwórnia	Nazwa	Państwo rok oblotu	Zespół napędowy			Ciąg		Skrzydło		Masa			Własności lotne		
				Ilość i rodzaj silników	Wytwórnia	Typ	start. **K** [daN]	jedn. **n** [-]	pow. **S** [m2]	obciąż. **p** [daN/m2]	start. **m** [kg]	własna **mwł** [kg]	wzgl. 15/14 [-]	**Vmax.** [km/h]	pułap **Hmax.** [m]	zasięg **L** [km]
1	**2**	**3**	**4**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
1	BAe	Hawk	Wlk.Bryt. 1975	1 dwuprzepł. TSO	Rolls--Royce	Turbomeca Adour RT 11.06.72	2375	0.66	16.7	455.3	7750	3650	0.47	1000	15240	2430
2	CASA	Aviojet C-101 EB	Hiszpania 1977	1 dwuprzepł. TSO	Garrett--Research	TFE 731-2-2J	1557	0.28	20.0	274.7	5600	2250	0.40	793	12500	1220
3	Aermacchi	MB-339-A	Włochy 1978	1 jednoprzep. TSO	Rolls--Royce	Viper Mk. 632-43	1879	0.33	19.3	299.6	5897	3075	0.52	898	14630	1760
4	Dassault Bregguet--Dornier	Alpha Jet	Francja Niemcy 1978	2 dwuprzepł. TSO	SNECMA	Turbomeca Larzac 04-C5	2*1324	0.36	17.5	420.4	7500	3345	0.45	1000	14020	1230
5	Aero--Spaitiale	Fouga 90	Francja 1978	2 dwuprzepł. TSO	Turbomeca	Astafan IV G	2*775	0.38	18.4	223.9	4200	2650	0.63	675	13500	1600
6	Soko	Super Galeb G-4	Serbia 1978	1 jednoprzep. TSO	Rolls--Royce	Viper Mk. 632	1780	0.38	19.5	239.5	4760	3250	0.68	910	14000	960
7	AIDC	AT-3 TSU--CHIANG	Tajwan 1980	2 dwuprzepł. TSO	Garrett--Research	TFE 731-2-2I	2*1560	0.40	21.9	355.7	7940	3855	0.49	904	14625	2280
8	SIAI-Marchetti	Marchetti S.211	Włochy 1981	1 dwuprzepł. TSO	Pratt & Whitney	JT15D-4D	1100	0.41	12.6	214.1	2750	1850	0.67	667	12200	2200
9	FAMA\ Dornier	IA 63 Pampa	Argentyna Niemcy 1984	1 dwuprzepł. TSO	Garrett	TFE731-2N lub TFE731-3G	1560 2000	0.43 0.42	15.6	232.7 305.6	3700 4860	2800 2800	0.76 0.57	755 839	12900 12900	1000 2492
10	Kawasaki	T-4	Japonia 1985	2 dwuprzepł. TSO	Ishikawajima -Harima	F3-IHI-30	2*1630	0.60	21.0	256.9	5500	3700	0.67	1038	15250	1300

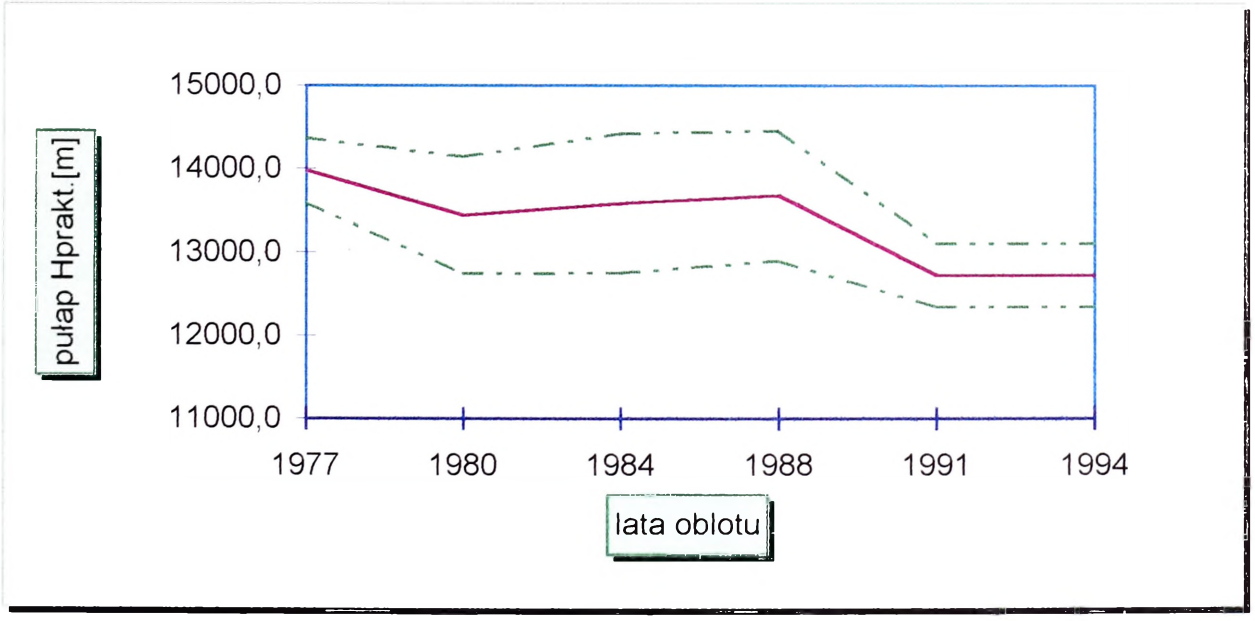
Tabela 1.2 b Podstawowe parametry taktyczno-techniczne samolotów szkolno-bojowych.

Lp.	Wytwórnia	Nazwa	Państwo rok oblotu	Zespół napędowy			Ciąg		Skrzydło		Masa			Własności lotne		
				Ilość i rodzaj silników	Wytwórnia	Typ	start. **K** [daN]	jedn. **n** [-]	pow. **S** [m2]	obciąż. **p** [daN/m2]	start. **m** [kg]	własna **mwł** [kg]	wzgl. 15/14 [-]	**Vmax.** [km/h]	pułap **Hmax.** [m]	zasięg **L** [km]
1	**2**	**3**	**4**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**
11	PZL	I-22 Iryda	Polska 1985	2 jednoprzep. TSO	PZL	SO-3W-22 lub K-15	2*1080 2*1470	0.32 0.40	19.9	340.2 369.4	6900 7493	4600 3962	0.67 0.53	834 980	11000 12600	1670 1820
12	BAe	Hawk 2000	Wlk.Bryt. 1986	1 dwuprzepł. TSO	Rolls--Royce	Adour Mk.871	2600	0.29	16.7	530.2	9026	3240	0.36	1000	15240	4080
13	Grumman Agusta	S.211A	Włochy USA 1988	1 turbo-went. SO	Pratt & Whitney	JT15D-5C	1420	0.41	12.7	270.4	3500	2020	0.58	760	12800	2450
14	CNAMC\ PAC	K-8 Karacorum	Chiny Pakistan 1990	1 turbo-went. SO	Garrett	TFE731-2A	1601	0.39	17.1	240.9	4200	2557	0.61	800	13290	2250
15	Soko	J-22 Orao (Jar-93B)	Serbia Rumunia 1979	2 dwuprzepł. TSO	Rolls--Royce	Viper 633-41	2*1780 (z dopal.) 2*2240	0.32 0.41	26.0	424.5	11250	5750	0.51	1160	13500	1060
16	Alenia Aermacchi Embraer	AMX (A-1)	Włochy Brazylia 1989	1 dwuprzepł. TSO	Rolls--Royce	Spey 807	4910	0.40	21.0	583.9	12500	6700	0.54	934	13000	1040
17	BAe	Goshawk T45A	Wlk.Bryt. 1990*	1 turbo-went. SO	Rolls--Royce	Adour Mk.861-49	2424	0.43	16.7	339.9	5787	4263	0.73	997	12875	1850
18	Scaled Composites	151-3 Ares	USA 1991*	1 turbo-went. SO	Pratt & Whitney	JT15D-5	1310	0,47	17,5	158,1143	2767	1322	0,48	750	10600	1850
19	Jakowlew (OKB)	Jak-130	Rosja 1994*	2 dwuprzepł. TSO	Walter Titan	Progres* AI-25TLM (AI-25TL)	2*1687	0.65	23.6	228.6	5500	3700	0.67	900 1000	12000	~2000

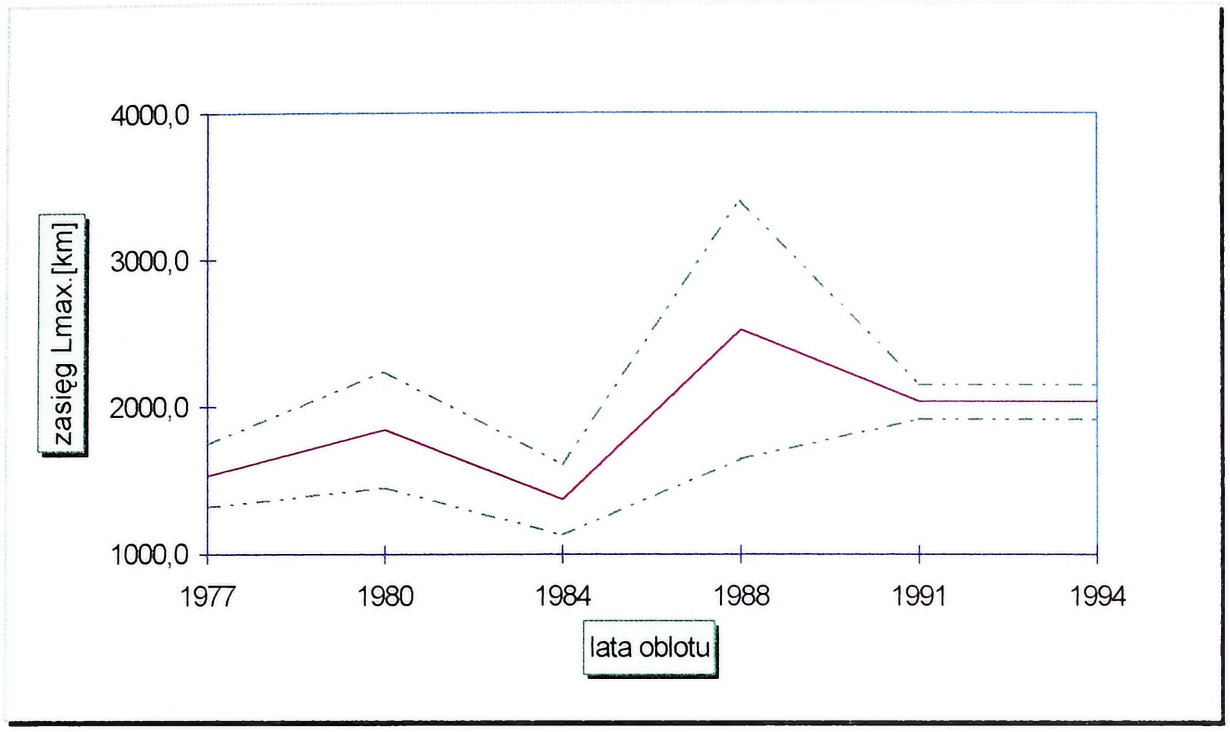
**** W PLANIE, LUB NIE URUCHOMIONO PRODUKCJI (badania kolejnych prptptypów)***



Rys. 1.3. Tendencje zmiany prędkości $V_{max.}$ samolotów szkolno-bojowych w latach 1977...1994



Rys. 1.4. Tendencje zmiany pułapu samolotów szkolno-bojowych w latach 1977...1994



Rys. 1.5. Tendencje zmiany zasięgu samolotów szkolno-bojowych w latach 1977...1994

Na podstawie zebranych (tabele 2a i 2b) i ocenionych metodą analizy statystycznej własności lotno-technicznych (prędkości maksymalnej $V_{max.}$, pułapu $H_{prakt.}$ i zasięgu L) samolotów szkolno-bojowych (również bezpośredniego wsparcia lotniczego rozwiniętych na ich podstawie) eksploatowanych w ostatnich dwudziestu latach na świecie, oraz uwzględniając prognozy dotyczących dalszego rozwoju lotnictwa szkolno-bojowego można wstępnie określić podstawowe wymagania taktyczno-techniczne takiego samolotu:

- Prędkość maksymalną: $V_{max.} = 850$ km/h;
- Zasięg maksymalny: $L_{max.} = 2000$ km;
- Pułap praktyczny: $H_{prakt.} = 12000$ m.

Wielkości te pozwalają oszacować wstępnie będące ich funkcją podstawowe parametry samolotu (patrz tabela 2.):

- Ciężar własny $Q_{max.} \sim 3500$ daN;
- Ciężar startowy $Q_{max.} \sim 6000$ daN;

- Obciążenie skrzydła $p \sim 300$ daN/m^2;
- Obciążenie ciągu $p \sim 0{,}50$ daN/daN;
- Długość $L \sim 12{,}5$ m;
- Wysokość $h \sim 4{,}70$ m;
- Rozpiętość $l \sim 10{,}0$ m;
- Powierzchnia skrzydła $S \sim 20$ m^2;
- Średnia cięciwa aerodynamiczna $b_{\acute{S}A} \sim 2{,}15$ m;
- Wydłużenie $\lambda \sim 4{,}8$;
- Zbieżność $\eta \sim 2{,}50$;
- Ciąg maksymalny $K \sim 3000$ daN (lub 2×1500 daN);

Bezpilotowe aparaty latające

Bezpilotowe aparaty latające są to statki powietrzne poruszające się w przestrzeni powietrznej, które wykonują lot po zaprogramowanej trasie lub są sterowane zdalnie. Ich płatowiec ma nieruchome skrzydła lub wirnik nośny oraz układ napędowy umożliwiający osiągnięcie obiektu położonego w małej, średniej lub dużej odległości. Start i lądowanie tych aparatów jest maksymalnie uproszczony, a same środki przystosowane są do wielokrotnego użycia.

Samoloty bezzałogowe na współczesnym polu walki mogą z największą precyzją pozorować samoloty bojowe, a w wielu przypadkach nawet je zastępować.

W dostępnej literaturze trudno jest spotkać jednoznaczną klasyfikację samolotów bezzałogowych. Różni teoretycy przyjmują ich klasyfikację według różnych kryteriów. Stosowane są następujące kryteria:

a) według charakteru wykonywanych zadań:
   - rozpoznawcze,
   - walki radioelektronicznej,
   - uderzeniowe,
   - walki powietrznej,
   - wielozadaniowe,

- eksperymentalne,
- obserwacyjne,

b) według ciężaru i rozmiarów:

- małowymiarowe,
- średniorozmiarowe,
- dużych rozmiarach,

c) według zasięgu oddziaływania:

- bardzo krótkiego zasięgu (około 30 km) przeznaczone głównie do obserwacji, walki radioelektronicznej, wykrywania i towarzyszenia celom, dezorientacji i mylenia przeciwnika oraz przenoszenia ładunków do niszczenia określonych elementów w ugrupowaniu przeciwnika;
- średniego zasięgu (loty całodobowe o promieniu działania około 700 km), przeznaczone głównie do całodobowej obserwacji przed wykonaniem uderzeń i po uderzeniach lotnictwa załogowego;
- dużego zasięgu - przeznaczone głównie do zadań zwiadowczych, których nie mogą wykonywać samoloty zwiadowcze.

Zachodni specjaliści dokonując klasyfikacji samolotów bezzałogowych coraz częściej stosują nstępujący podział:

- małe, tanie samoloty bezzałogowe do zakłócania i niszczenia systemów radioelektronicznych, niszczenia celów pancernych, pozorowania i mylenia przeciwnika; są to w większości samoloty jednorazowego użytku;
- małe, wielokrotnego użytku samoloty bezzałogowe do obserwacji pola walki, śledzenia celów, oceny skuteczności uderzeń, podświetlania celów promieniami lasera, pozorowania i mylenia przeciwnika;
- duże, wielokrotnego użycia samoloty bezzałogowe do prowadzenia rozpoznania powietrznego na dużych odległościach, wykonywania zadań szturmowych, zdolne do działania w każdych warunkach atmosferycznych w dzień i w nocy.

Samoloty bezzałogowe, jako nowy środek walki o dużych perspektywach zostały wielokrotnie sprawdzone we współczesnych konfliktach.

Bezpilotowe aparaty latające przeznaczone do wykonania zadań ogniowych mogą być uzbrojone w bomby klasyczne, bomby z urządzeniami opóźniającymi, bomby o działaniu powierzchniowym, bomby naprowadzane precyzyjnie lub kierowane pociski „powietrze-ziemia" z półaktywnymi laserowymi układami naprowadzania. Niektóre BAL mają ładunek bojowy umieszczony wewnątrz kadłuba - przy niszczeniu obiektów naziemnych działają one jako precyzyjnie naprowadzane bomby kierowane.

Historia samolotu bezzałogowego rozpoczęła się w 1917 roku w Stanach Zjednoczonych. Na zapotrzebowanie korpusu łączności wojsk lądowych w Dayton, Wright Company w Payton zbudował bezzałogowy dwupłatowiec o nazwie Kettering Bug, przeznaczony do przenoszenia bomb. Już wtedy uważano, że czasami lepiej nie mieć pilota na pokładzie, jednak możliwości techniczne jeszcze na to nie pozwalały. Po wybuchu II wojny światowej Stany Zjednoczone wróciły do systemów bezzałogowych. W początkowych fazach rozwoju tych środków przekształcano samoloty załogowe w bezzałogowe cele powietrzne lub przystosowywano je do zdalnego kontrolowanego bombardowania celów. Amerykańskie samoloty B-17 i B-24 zostały przystosowane do zdalnego kontrolowanego bombardowania obiektów po katapultowaniu się pilota. Pod koniec wojny hitlerowskie Niemcy użyły na szerszą skalę samolotów bezzałogowych jednorazowego użytku typu V-1.

Samoloty bezzałogowe, jako nowy środek walki o dużej przyszłości, zostały sprawdzone w wielu współczesnych konfliktach zbrojnych.

- W wojnie wietnamskiej najbardziej rozpowszechniony i stosowany na dużą skalę był bezzałogowy samolot typu Firebee. Podwieszano go pod skrzydłami samolotu transportowego DC-130 Herkules. W pobliżu obszaru działań operator znajdujący się na pokładzie samolotu - nosiciela uruchamiał aparaturę sterującą. Samolot Firebee wykonywał lot według wcześniej

zaprogramowanej trasy i po wykonaniu zadania samodzielnie wracał do rejonu lądowania. Zadaniem tych samolotów było rozpoznanie powietrzne (fotografowanie) nakazanych rejonów dla potrzeb lotnictwa uderzeniowego. Na użycie tych środków zdecydowano się z powodu dużych strat, jakie ponosiło lotnictwo rozpoznawcze podczas wykonywania zadań bojowych. Ogółem Firebee wykonały w Wietnamie 3400 lotów bojowych, a wyniki rozpoznania potwierdziły celowość ich stosowania.

Siły lądowe USA wykorzystywały w Wietnamie mini-samolot bezzałogowy typu Ping-Pong. Wystrzeliwany z przenośnej wyrzutni startowej, obsługiwanej przez jednego żołnierza, wykonywał zadania rozpoznawcze. Lot samolotu był programowany. Po osiągnięciu zaplanowanej odległości następowało zahamowanie lotu i odpalenie rakiety powrotnej, zamontowanej w przedniej części kadłuba. Samolot lądował na spadochronie. Ogromna zaleta tego środka to bezdźwięczny lot, dzięki któremu był niezauważalny. Operował na minimalnej wysokości, w bezpośredniej styczności wojsk.

- W 1982 roku w czasie konfliktu libańskiego, wojska izraelskie użyły bezzałogowych samolotów do obezwładniania rakietowego systemu obrony przeciwlotniczej wojsk syryjskich. Doskonale spełniły one swoje zadania w ataku na osiem dywizjonów rakietowych SA-6 rozmieszczonych w dolinie Bekaa. W pierwszej fazie operacji wysłano jeden samolot bezzałogowy typu CHUKAR-R z zadaniem rozpoznania stanowisk startowych. Następnie zastosowano nową metodę niszczenia wykrytych obiektów, polegającą na kompleksowym użyciu samolotów bezzałogowych typu MASTIFF i SCOUT. Te pierwsze krążyły nad wykrytymi obiektami i powodowały włączanie stacji radiolokacyjnych kierowania ogniem wyrzutni rakiet SA-6. Był to zespół składający się z dwóch samolotów: jeden wykonywał zadania pozorujące, a drugi rejestrował parametry elektroniczne emitowanego sygnału stacji radiolokacyjnych i przez aparaturę zamontowaną na pokładzie przekazywał je do naziemnego ośrodka koordynacji.

Następnie pojawiły się samoloty bezzałogowe SCOUT uzbrojone w rakiety przeciwradiolokacyjne o odpowiednich głowicach, które wykonywały precyzyjny atak na stanowiska obrony przeciwlotniczej (stacje kierowania ogniem). W tym czasie samoloty MASTIFF stosowały zakłócenia pasywne, rozrzucając paski dipoli odbijających. Powstał ekran oddzielający samoloty bezzałogowe SCOUT i przybyłe samoloty załogowe od obiektu ataku. Zasadnicze uderzenie miały wykonać samoloty F-4C i F-16, lecz okazało się, że w momencie ich przybycia większość nakazanych obiektów naziemnych była już zniszczona przez samoloty bezzałogowe. Izraelskie doświadczenia wojenne wykazały wielostronność zastosowania tych środków walki. Można pokusić się o stwierdzenie, że zniszczenie w ciągu kilkudziesięciu sekund całego systemu obrony przeciwlotniczej w dolinie Bekaa bez strat własnych jest wyłącznie zasługą samolotów bezzałogowych.

- Podczas konfliktu w Zatoce Perskiej wykorzystano dotychczasowe doświadczenia w zastosowaniu bezzałogowych aparatów latających.

Już podczas przygotowania do tej kampanii Korpus Piechoty Morskiej Stanów Zjednoczonych sprawdzał skuteczność samolotów bezzałogowych. Podczas ćwiczeń zdalnie sterowany samolot bezzałogowy typu PIONEER wykrył wszystkie pozycje przeciwlotniczych zestawów rakietowych HAWK. Okazało się, że mógł zbliżyć się niespostrzeżenie do celu na odległość około 150 m.

Podczas walk potrzeby Korpusu Piechoty Morskiej i dowództwa koalicji w zakresie rozpoznania były bardzo duże (mimo zastosowania satelitów rozpoznawczych). Z tego względu na masową skalę użyto samolotów bezzałogowych. Drugim typem samolotu bezzałogowego wykorzystywanego na masową skalę był POINTER. Amerykański Korpus Piechoty Morskiej dysponował 3 jednostkami wyposażonymi w te środki (typowa jednostka - 4 samoloty POINTER oraz 1-2 stanowiska naziemne). Dzięki tym samolotom wojska lądowe mogły przeprowadzić szybki rekonesans obszaru znajdującego się przed własnymi pozycjami. POINTER miał zamontowaną na pokładzie

wideokamerę o zasięgu około 6 km. Dane z rozpoznania były przekazywane w czasie rzeczywistym bezpośrednio na ekran znajdujący się w pojeździe dowódcy wojsk nacierających na Kuwejt.

Podczas walk w rejonie Zatoki Perskiej użyto również najnowszego samolotu bezzałogowego typu EXDRONE, głównie do rozpoznania powietrznego na rzecz wojsk lądowych. Samoloty te wykonywały loty w celu rozpoznania pól minowych. Na podstawie uzyskanych wyników wykonano bardzo dokładne mapy tych pól, co między innymi umożliwiło pokonanie ich bez strat. Należy podkreślić, że w sumie te trzy typy samolotów bezzałogowych wylatały przeszło 1000 godzin w ponad 300 wylotach.

Artyleria wojsk koalicyjnych korzystała z danych dostarczanych przez samoloty bezzałogowe typu OV-1D MOHAWK. Prowadziły one rozpoznanie radioelektroniczne obiektów uderzeń za pomocą radiolokatora obserwacji bocznej. Do mylenia systemu obrony przeciwlotniczej wojsk irackich na planowanych kierunkach nalotu stosowano samoloty bezzałogowe typu CHUKAR, które imitowały samoloty załogowe. Z chwilą, gdy przeciwnik uruchamiał stacje naprowadzania rakiet i rozpoczynał walkę z wykrytymi obiektami powietrznymi, stawał się celem ataku lotnictwa uderzeniowego Sprzymierzonych. Samoloty bezzałogowe CHUKAR absorbowały również lotnictwo myśliwskie Iraku, które zajęte walką z celami pozornymi stawało się celem dla lotnictwa myśliwskiego. Lotnictwo morskie Stanów Zjednoczonych podczas całej kampanii prowadziło działania pod osłoną tych środków. Na przykład samoloty pokładowe A-6 Intruder, A-7 Corsair II, F/A-18 oraz S-3 Viking przenosiły pod skrzydłami samoloty CHUKAR (w wersji BQM-74C - przystosowanej do startu z samolotu), które miały za zadanie pozorowanie pojedynczych samolotów lub grupy samolotów. W rejonie wykonywania zadań odpalano je i pod ich osłoną uderzano na planowane obiekty.

Rozwój współczesnych środków obrony przeciwlotniczej oraz lotnictwa myśliwskiego i jego możliwości, zwłaszcza wyposażenia elektronicznego i

technologii sprzętu lotniczego, jest czynnikiem warunkującym rozwój bezpilotowych środków latających. Teoretycy wojskowi doszli do wniosków, że zastosowanie nowoczesnych środków bezpilotowych do celów bojowych zmniejszy straty w lotnictwie oraz pozwoli na znaczne oszczędności. Jeżeli cena nowoczesnego samolotu kształtuje się w granicach od 20 do 80 mln dolarów, to cena małego i średniego bezpilotowego aparatu latającego waha się od 3-5 mln dolarów.

Osiągnięcia techniczne w budowie nowych bezpilotowych aparatów latających zdecydowały o tym, że znalazły one znaczące miejsce w koncepcjach prowadzenia działań bojowych. Specjaliści wojskowi zakładają, że środki te w konfliktach zbrojnych mogą zastąpić samoloty pilotowane, zwłaszcza tam, gdzie występuje dla nich niedogodna sytuacja taktyczna /np. przy dużym nasyceniu lotnictwa myśliwskiego, silnej OPL i masowym użyciu środków WRE/. W tych warunkach użycie bezpilotowych aparatów latających, ze względu na ich właściwości taktyczno-techniczne, może być bardzo efektywne. Mogą one dostarczać informacje rozpoznawcze z pola walki w ciągu dnia i nocy, niezależnie od warunków atmosferycznych. Współczesne środki bezpilotowe mogą prowadzić rozpoznanie wieloma sposobami: fotograficznie, radiotechnicznie, radiowo, telewizyjnie i w podczerwieni. Mogą być również używane do WRE, jak również innych zadań specjalnych.

Samoloty bezzałogowe najprawdopodobniej będą stosowane na początku operacji powietrznej, gdy lotnictwo będzie narażone na duże straty. Użyte w tym okresie na masową skalę, mogą doprowadzić do przeciążenia i dezorganizacji pracy systemu rozpoznania i wykrywania oraz zużycia środków przeciwlotniczych.

***

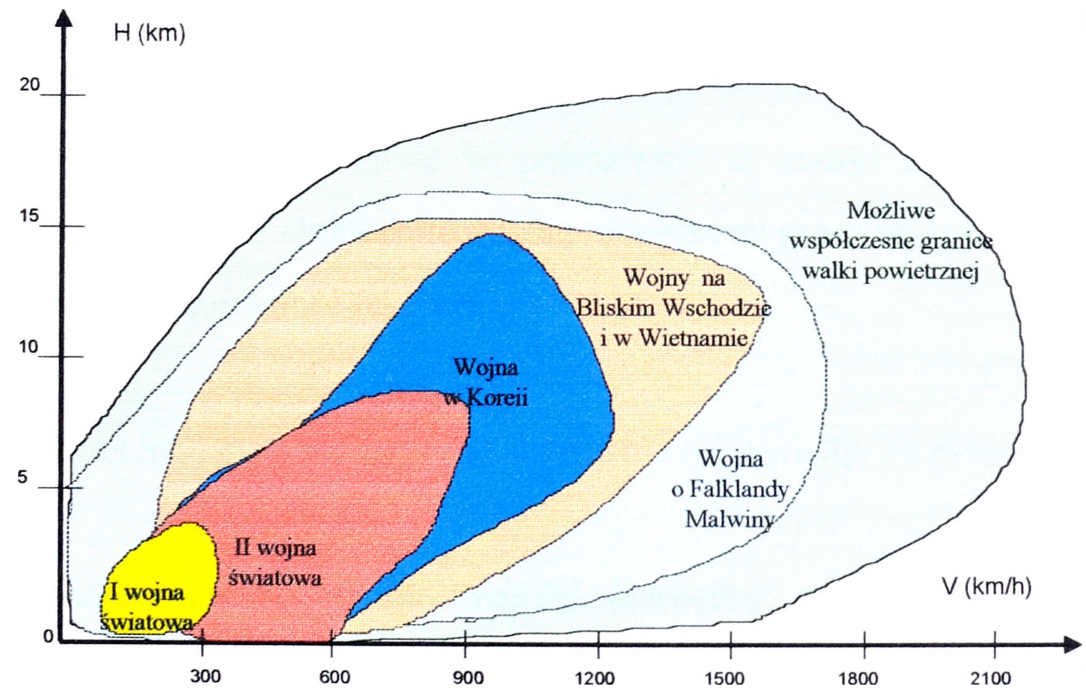
Konstruktorzy samolotów bojowych przez cały okres powstawania konstrukcji kierowali się zwiększeniem możliwości bojowej samolotu, a zatem i zwiększeniem parametrów, które bezpośrednio wpływają na manewrowość samolotu. Parametry takie jak: prędkość maksymalna ($V_{max.}$), prędkość wznoszenia ($V_{wzn.}$), pułap, ciężar udźwigu, zasięg zmieniały się na przestrzeni lat, a konstruktorzy ciągle poprawiali je prowadząc badania nad nowymi technologiami i materiałami. Dążenie do zwiększenia prędkości samolotów prowadziło do poszukiwania takich profili skrzydeł (ich parametrów geometrycznych), które miałyby w dużym zakresie kątów natarcia niski współczynnik oporu i wysoki współczynnik siły nośnej przy dużych katach natarcia. Przybliżanie się do prędkości dźwięku i związane z tym aerodynamiczne zjawiska falowe na profilu, prowadzące do zmiany współczynnika momentu aerodynamicznego tego profilu spowodowały konieczność dalszych poszukiwań w dziedzinie kształtowania profili. W efekcie tych poszukiwań opracowano tzw. profile naddźwiękowe o kształcie bardzo cienkiego klina albo też soczewki (zastosowano je np. na samolocie F-104). Dalsze badania doprowadziły do opracowania profili nadkrytycznych.

Na przełomie lat 50-tych i 60-tych zwrócono się ku koncepcji samolotu stosunkowo dużego i skomplikowanego lecz o większym zakresie prędkości, a przez to zapewniającego szersze możliwości wykorzystania. Tak doszło do opracowania samolotu F-111 o zmiennym skosie skrzydeł. Powiększenie skosu skrzydeł i zmniejszenie ich wydłużenia prowadzi do zmniejszenia oporu i wzrostu prędkości maksymalnej samolotu. Wiąże się to jednak zarazem ze wzrostem prędkości minimalnej, co sprawia, że lądowanie staje się bardziej niebezpieczne. Prędkość minimalna maleje, gdy rośnie wydłużenie i maleje skos. Pogodzić te wzajemnie sprzeczne uwarunkowania można było tylko poprzez zastosowanie tzw. zmiennego skosu skrzydeł.

W świetle przestudiowanej literatury opinia o roli lotnictwa w działaniach wojennych zawierała się między dwoma skrajnymi poglądami – począwszy od

wypowiedzi Focha z 1910 r : „To doskonały sport, ale dla armii samolot jest bezużyteczny" po teorie wojny powietrznej Douheta teaktujacej lotnictwo jako samodzielny czynnik strategiczny w rozstrzyganiu wojen.[1]

Zmiany w taktyce działań bojowych lotnictwa spowodowane są głównie rozwojem techniki lotniczej. Rozwój nowych zespołów napędowych, rozwój aerodynamiczny płatowców, awioniki i uzbrojenia samolotów zmieniły możliwości bojowe lotnictwa. Zmiana możliwości bojowych samolotów, to głównie zwiększanie się możliwości wykorzystania przestrzeni powietrznej do prowadzenia działań bojowych z ich udziałem (Rys. 5). Na sposób wykorzystania przestrzeni mają natomiast wpływ kolejne doświadczenia zdobywane podczas wojen i konfliktów zbrojnych, które stawały się poligonami doświadczalnymi dla wszystkich typów uzbrojenia w tym również lotniczego.



Rys. 1.6. Granice możliwości manewrowych samolotów w kolejnych konfliktach zbrojnych.[1]

Niektóre zmiany w taktyce prowadzenia walk powietrznych były i są podyktowane wprowadzeniem nowych systemów uzbrojenia, ale także odwrotnie, wnioski z przeprowadzonych walk określały nowe kierunki poszukiwania technicznie lepszych rozwiązań tegoż uzbrojenia.

---

[1] S. Koziej *Teoria sztuki wojennej.* Warszawa 1993, s. 194.

1.3. Cel badań

Głównymi celami podjętych badań było poznanie związków pomiędzy parametrami masowo-geometrycznymi samolotu, a jego efektywnością taktyczną oraz określenie możliwości jej zwiększania poprzez optymalizowanie masowo-geometrycznych charakterystyk statków powietrznych. Inne wątki pracy stanowią tło i kanwę do rozważań .

1.4. Przedmiot badań i problemy naukowe

Przedmiotem badań był ogół cech samolotów determinujących ich efektywność taktyczną, czynniki podnoszenia efektywności taktycznej samolotów osiągalne obecnie oraz możliwe w przyszłości. Z uwagi na zakres i wagę przedmiotu badań autor skoncentrował się na cechach masowo-geometrycznych i ich wpływie na efektywność taktyczną.

Badania naukowe zmierzały do uzyskania odpowiedzi na pytania :

1) Czy można określić proste związki pomiędzy efektywnością taktyczną samolotu i jego parametrami masowo-geometrycznymi ?
2) W jakim stopniu parametry masowe i parametry geometryczne wpływają na efektywność taktyczną współczesnego samolotu ?
3) W jaki sposób można zwiększyć efektywność taktyczną samolotu ?

---

[1] Porównaj J. Gotowała *Splątane wiraże* Warszawa 1992.

1.5. Hipotezy

Ciągle eksponowana potrzeba podnoszenia efektywności taktycznej współcześnie eksploatowanych statków powietrznych determinuje konieczność tworzenia coraz doskonalszych konstrukcji lotniczych oraz modyfikowania obecnie eksploatowanych.

Zastosowanie na pokładach statków powietrznych nowoczesnych a zarazem bardzo skomplikowanych urządzeń spowodowało zwiększenie wymagań w stosunku do wiedzy jaką powinien dysponować pilot. Oczywistym staje się fakt, iż największy problem dla pilota samolotu współczesnego i przyszłościowego to nie opanowanie sztuki pilotażu, lecz poznanie jego ogólnej budowy oraz możliwości i zasad ich umiejętnego wykorzystania. Koniecznym staje się więc również poszukiwanie nowych zasad i sposobów wykorzystywania posiadanego sprzętu lotniczego.

W obu dziedzinach można uzyskać znaczący postęp poprzez zsynchronizowanie współdziałania pionu taktycznego i technicznego w opracowywaniu postulatów dotyczących rozwoju i modernizacji sprzętu lotniczego. Już dziś nie można rozpatrywać możliwości wykorzystania samolotu bojowego w oderwaniu od poziomu przygotowania pilota-operatora. Rozważania na temat efektywności taktycznej samolotu mogą doprowadzić do oceny efektywności taktycznej „układu pilot-samolot".

Autor zakłada, że eliminowanie niektórych podsystemów, a nawet członków załóg statków powietrznych będzie możliwe i celowe. Ponadto przewiduje unifikację głównych elementów wyposażenia samolotów o różnym przeznaczeniu taktycznym. Końcowym jej etapem mogą okazać się niewielkie, bardzo manewrowe samoloty wielozadaniowe, o których wykorzystaniu decydować będzie układ konstrukcyjny i zabierany na konkretne zadanie rodzaj uzbrojenia.

Na podstawie dokonanej analizy literatury przedmiotu badań autor przyjął następujące hipotezy[1] badawcze:

- Efektywność taktyczna współczesnego samolotu bojowego jest zdeterminowana przez trzy czynniki: parametry (właściwości) lotno-techniczne, wyposażenie radioelektroniczne i uzbrojenie oraz poziom wyszkolenia pilota-operatora.
- Parametry taktyczno-techniczne samolotu jako jeden z czynników wpływających na efektywność taktyczną samolotu bojowego zależą w prosty sposób od jego parametrów masowo-geometrycznych.
- Koszty zakupu i eksploatacji samolotów bojowych są czynnikiem wpływającym w znaczący sposób na jego efektywność taktyczną.
- Celowym jest modernizowanie, poprzez zmianę wyposażenia radioelektronicznego i uzbrojenia samolotów bojowych posiadających pożądane parametry masowo-geometryczne.
- Ocena efektywności taktycznej samolotu możliwa jest w oparciu o analizę jego parametrów masowo-geometrycznych.
- Ocena efektywności taktycznej samolotu możliwa jest w oparciu o analizę jego zdolności manewrowej w typowych manewrach przestrzennych.

1.6. Metody badań

Dokonany przez autora wybór metod badawczych wynika z celu badań i możliwości jakimi dysponował. Zastosowane metody zostały poniżej scharakteryzowane na tle przebiegu badań i ich weryfikacji.

Analiza literatury na temat efektywności, rozwoju techniki lotniczej, taktyki działań bojowych lotnictwa, przebiegu konfliktów zbrojnych z udziałem

[1] Hipoteza - przypuszczenie naukowe wysunięte dla objaśnienia jakiegoś zjawiska lub szeregu zjawisk, wymagające sprawdzenia. Wszelki domysł tłumaczący stwierdzone fakty; jakiekolwiek orzeczenie niezupełnie pewne przypuszczenie. *Słownik wyrazów obcych.* PWN. Warszawa 1980, s. 281.

lotnictwa, oraz wnioski formułowane przez ekspertów z dziedziny taktyki po ich zakończeniu umożliwiły autorowi sformułowanie problemów badawczych i hipotezy badawczej. Metoda ta była również pomocna przy określeniu podstawowych terminów i pojęć naukowych. Przy jej wykorzystaniu wykazano podobieństwa i różnice w definiowaniu poszczególnych pojęć przez różnych autorów. W związku z tym, przedmiotem badań była wybrana literatura przedmiotu dotycząca w równej mierze rozwiązań technicznych jak i wniosków z zaistniałych konfliktów zbrojnych.

Metodą analizy literatury objęte zostały :

- periodyki naukowe,
- wydawnictwa książkowe,
- wydawnictwa wewnętrzne Akademii Obrony Narodowej,
- komunikaty rozpoznawcze DWLOP,
- periodyki i wydawnictwa popularnonaukowe.
- regulaminy, instrukcje, sprawozdania, artykuły.

Pozwoliła ona na :

- ustalenie zadań lotnictwa bojowego,
- określenie możliwości ich realizacji przez lotnictwo wyposażone w konkretne typy samolotów bojowych,
- poznanie tendencji i kierunków rozwoju lotnictwa i samolotów bojowych na świecie.

Obserwacja (statystyczna) jako metoda gromadzenia danych statystycznych (to znaczy do opisu wszystkich uznanych za istotne cech badanego przedmiotu jakim jest dla autora samolot wojskowy) została wykorzystana po określeniu przedmiotu i zakresu badań. Materiał statystyczny[1] (zbiór danych parametrów taktyczno-technicznych) z uwagi na to, że zawierał dużą ilość informacji zgromadzono na specjalnie opracowanych przez autora formularzach programu komputerowego

[1] S. Szulc, *Metody statystyczne* (Warszawa, NOT-, 1982) s. 58.

Excel wersji 5.0 (w późniejszym okresie w wersji 7.0, a następnie Excel 2000) firmy Microsoft wchodzącego w skład pakietu Office. Mimo istnienia bardziej rozbudowanych programów komputerowych wspomagających proces gromadzenia, przetwarzania i obróbki danych statystycznych wybrano ten z uwagi na jego większą dostępność i polskojęzyczny system pomocy typu „sufler", a więc możliwość wykorzystania jako materiału wtórnego przez inne osoby zainteresowane problematyką jakości i efektywności samolotów.

Statystyka a w szczególności wykorzystano metodę korelacji cech jakościowych. Wykorzystana została przez autora podczas opracowywania pierwotnego i wtórnego materiału statystycznego. Materiał został zgromadzony podczas obserwacji statystycznej. Również podczas poszukiwania związków przyczynowych występujących zgodnie z hipotezą roboczą autora pomiędzy badanymi cechami (walorami) samolotów wojskowych. Badano zarówno walory mierzalne jak i niemierzalne określone wagowymi współczynnikami korelacji. Odpowiednio do reprezentatywności badanych walorów zostały określone kryteria rzetelności ich średniej arytmetycznej i błędy standardowe małych prób według rozkładu *t* Studenta[1]

Porównanie wykorzystano w trakcie ustalania racjonalnych parametrów samolotów, ich wyposażenia i uzbrojenia.

Metoda intuicyjna (badanie opinii ekspertów) wykorzystana została w trakcie badań poprzez zbieranie opinii i wywiadów prowadzonych z ekspertami wybranymi spośród producentów i użytkowników samolotów (pilotów, inżynierów i taktyków).
W trakcie prowadzenia badań autor przeprowadził wywiady również wśród producentów wyposażenia służącego do rozpoznania i namierzania.

---

[1] W. A. Gosset

Symulacja komputerowa została zastosowana do uproszczonego modelowania ruchu przestrzennego samolotu i wpływu na charakterystykę manewrowości parametrów masowych i geometrycznych (charakterystyk aerodynamicznych) samolotu[1]. Z uwagi na uproszczone metody modelowania z wykorzystaniem arkusza kalkulacyjnego Excel wyniki zostały zweryfikowane poprzez wykorzystanie programu do analizy manewrowości samolotu MiG-29[2].

Ponadto autor wykorzystał programy „Efekt" i „Przenikanie" udostępnione mu prze pracowników Akademii Obrony Narodowej[3].

---

[1] Symulacja ta przeprowadzona została dla różnych samolotów przy założeniu tego samego modelu sterowania tak aby uwypuklić wpływ parametrów masowo-geometrycznych. Nie uwzględnia ona możliwości wynikających z aktywnych układów sterowania mających olbrzymie znaczenie dla manewrowości – porównaj M. Orkisz III Sympozjum Naukowe „Problemy techniczno eksploatacyjne w kształceniu pilotów" *Ocena własności manewrowych samolotu za sterowanym wektorem ciągu na podstawie badań samolotu MiG-29.* Dęblin 1996 .

[2] M.Orkisz, *Ocena własności manewrowych samolotu za sterowanym wektorem ciągu na podstawie badań samolotu MiG-29.* Dęblin 1996 .

[3] A. Grzelka, P. Makowski, St. Rękas.

2. ANALIZA I OCENA ZALEŻNOŚCI WYSTĘPUJĄCYCH POMIĘDZY PARAMETRAMI MASOWO-GEOMETRYCZNYMI A EFEKTYWNOŚCIĄ TAKTYCZNĄ SAMOLOTÓW

Istota efektywności taktycznej samolotu

Efektywność nie jest pojęciem jednoznacznym i jako taka budzi u czytelnika różne skojarzenia. Rozumiana jest niejednokrotnie inaczej niż było to w intencji posługującego się nią autora.

Wynika to w dużej mierze z tego, iż termin ten funkcjonuje w wielu różnych dyscyplinach naukowych. Może być więc odmiennie interpretowany.

Autor czuje się zobowiązany do uściślenia znaczenia w jakim będzie posługiwał się tym pojęciem (do jego jednoznacznego zinterpretowania).

Wywodząc efektywność z języka łacińskiego należy określić (przybliżyć) znaczenie takich pojęć jak :

1. Efekt [1] (effectius) - skutek, a więc jako :
   wrażenie wywarte przez co lub kogo;
   sposób, środek wywołania wrażenia;
   skutek, wynik wywołania wrażenia.
2. Efektywny (effectivus) - skuteczny, a więc jako :
   wywołujący skutek, skuteczny;
   rzeczywisty, istotny.
3. Efektywność [1] - pozytywny wynik, wydajność, skuteczność, sprawność.

Przytoczone znaczenia powszechnie przypisywane pojęciu efektywności są niejednoznaczne, nieprecyzyjne i przez to niewystarczające. Pojęcia je określające (np. skuteczność, sprawność, wydajność) również nie pozwalają na jednoznaczne definiowanie i rozumienie jego znaczenia w języku naukowym.

---

[1] *Słownik wyrazów obcych.* pod red. J. Tokarskiego, PWN Warszawa 1980, s. 172.

Zdaniem autora pojęcie „efektywność", jako związane ściśle z pewną formą działalności, powinno być rozpatrywane w odniesieniu do ściśle określonego rodzaju działalności lub konkretnej dyscypliny naukowej. W takim też (domyślnie) ujęciu spotyka się je często w literaturze - np. :

- Efektywność techniczna;
- Efektywność dydaktyczna;
- Efektywność naukowa;
- Efektywność polityczno-obronna;
- Efektywność bojowa (w tym również taktyczna).

W naukach wojskowych termin efektywność znaczeniowo bliski jest określeniom : użyteczność, opłacalność, skuteczność.

Analiza różnych znaczeń terminu „efektywność" skłania autora do uznania, że celowym będzie nadanie mu zabarwienia (znaczenia) o charakterze pozytywnym. Tak więc wynik działań oceniany pozytywnie (np. zrealizowanie zadania taktycznego) będzie mógł być określany mianem „efektu działań". Natomiast działanie, którego wynikiem jest tak rozumiany efekt działań - „działaniem efektywnym".

Osobnym problemem jest określenie cech efektywności i odpowiedź na następujące pytania :

1. Czy można określić jako „**działania efektywne taktycznie**" te działania, które są ekonomicznie uzasadnione (opłacalne), czy też każde które pozwoli na osiągnięcie założonego celu bez względu na jego koszt ekonomiczny ?
2. Czy oprócz skuteczności i ekonomiczności działania również sprawność techniczna (bojowa)[1] - rozumiana jako gotowość do wykonywania określonych przeznaczeniem funkcji - omawianego urządzenia (np. pojazdu, czołgu, samolotu czy śmigłowca) powinna być traktowana jako cecha określająca jego efektywność.

Często przez efektywność samolotu (jako obiektu) rozumie się stopień jego przystosowania do zrealizowania stawianych mu zadań. W sensie deskryptywnym

---

[1] *Słownik języka polskiego.* pod red. M. Szymczaka T.1 A-K PWN Warszawa 1988, s. 516.

efektywność można więc traktować jako łączną cechę obiektu i procesu jego eksploatacji wyrażającą skutki jego zastosowania W sensie wartościująco-normatywnym efektywność samolotu powinna być traktowana jako stopień realizacji zadań mu stawianych do wykonania oraz nakładów związanych z ich realizacją w określonych warunkach i w określonym przedziale czasu. Efektywność można rozumieć jako stopień realizacji oczekiwań użytkownika.

W przypadku samolotu bojowego jego efektywność - **„efektywność taktyczna"** - powinna być rozumiana jako zdolność do wykonywania zadań taktycznych (bojowych) wynikających z jego przeznaczenia.

Tak więc samolot jako przedmiot oceny efektywności posiada właściwe mu ze względu na przeznaczenie taktyczne reprezentowanego przez siebie rodzaju lotnictwa cechy (walory). Innymi walorami (konstrukcyjnymi, eksploatacyjnymi i użytkowymi) charakteryzują się samoloty myśliwskie, myśliwsko-bombowe, szturmowe, szkolno-bojowe i transportowe. Nie można więc efektywności samolotu rozważać w oderwaniu od taktyki rodzaju lotnictwa (w szczególności sposobów wykonywania zadań bojowych) do którego on należy.

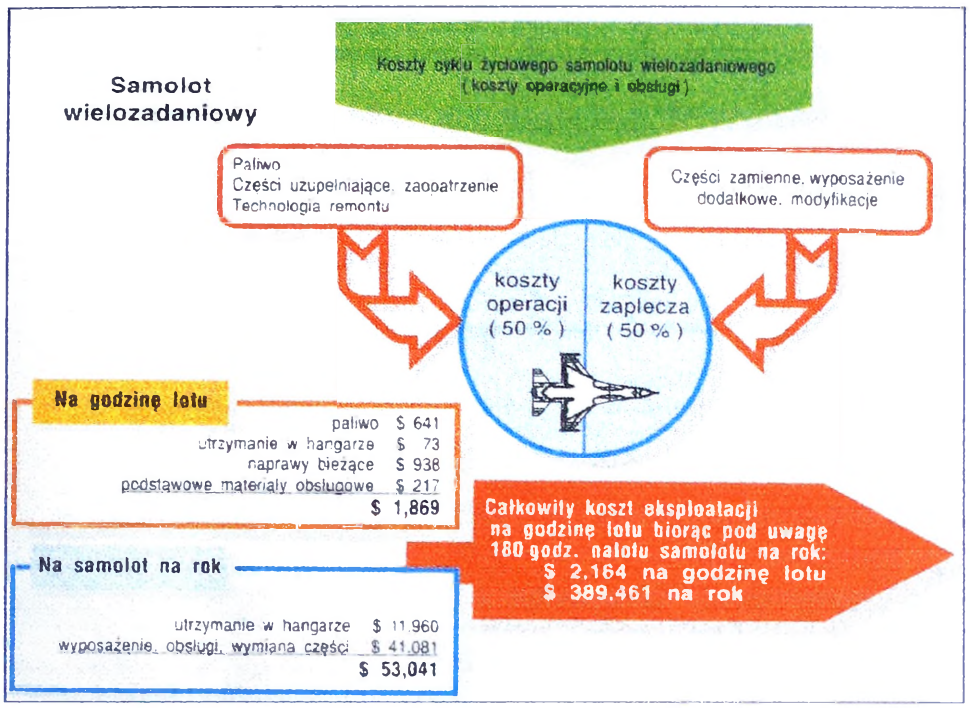
W naszym przypadku miarą efektywności taktycznej samolotu może być prawdopodobieństwo wykonania zadania taktycznego.

Osobną kwestią jest odpowiedź na pytanie o stronę ekonomiczną wykorzystania danego samolotu uwarunkowaną cechami konstrukcyjnymi i eksploatacyjnymi.

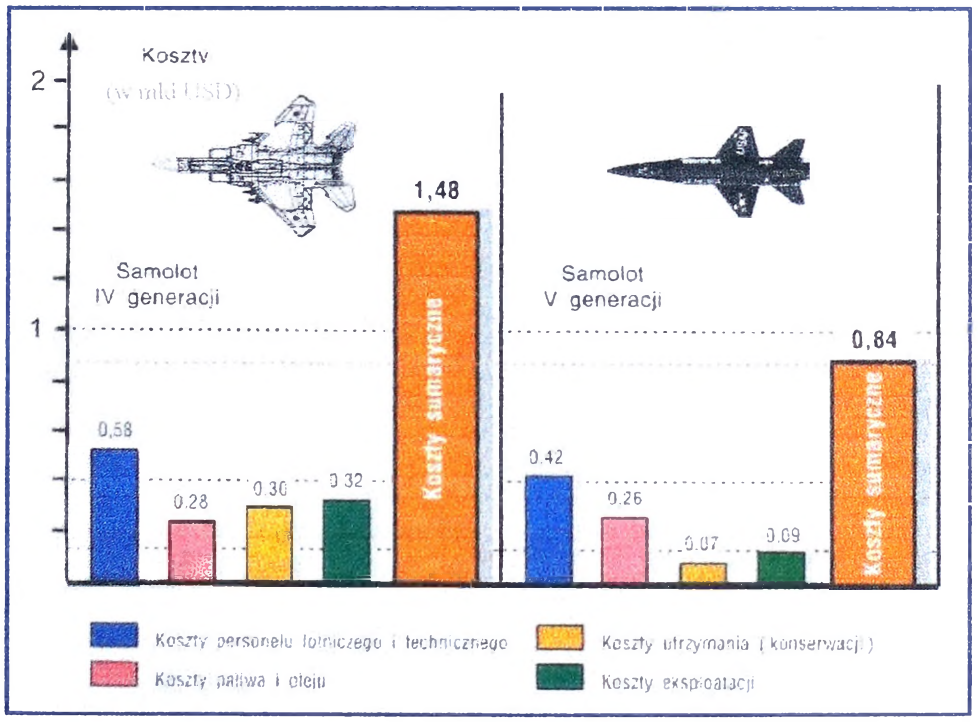
Porównanie samych tylko walorów bojowych sprawia, że często zapominane jest to, iż koszty zakupu i eksploatacji samolotu (Rys. 2.1 i Rys. 2.2.) określają bardzo często wąski krąg jego użytkowników.

---

[1] *Słownik języka polskiego.* pod red. M. Szymczaka T.3 A-K PWN Warszawa 1988, s. 304.



Rys. 2.1. Przybliżone koszty eksploatacji samolotu wielozadaniowego na godzinę lotu i łącznie w ciągu roku[1]



Rys. 2.2. Porównanie kosztów eksploatacji samolotów IV i V generacji[2]

Wyrafinowana technika wpływając na ww. koszty sprawia, że należy określić które z budzących zachwyt cech konstrukcyjnych, eksploatacyjnych i użytkowych są

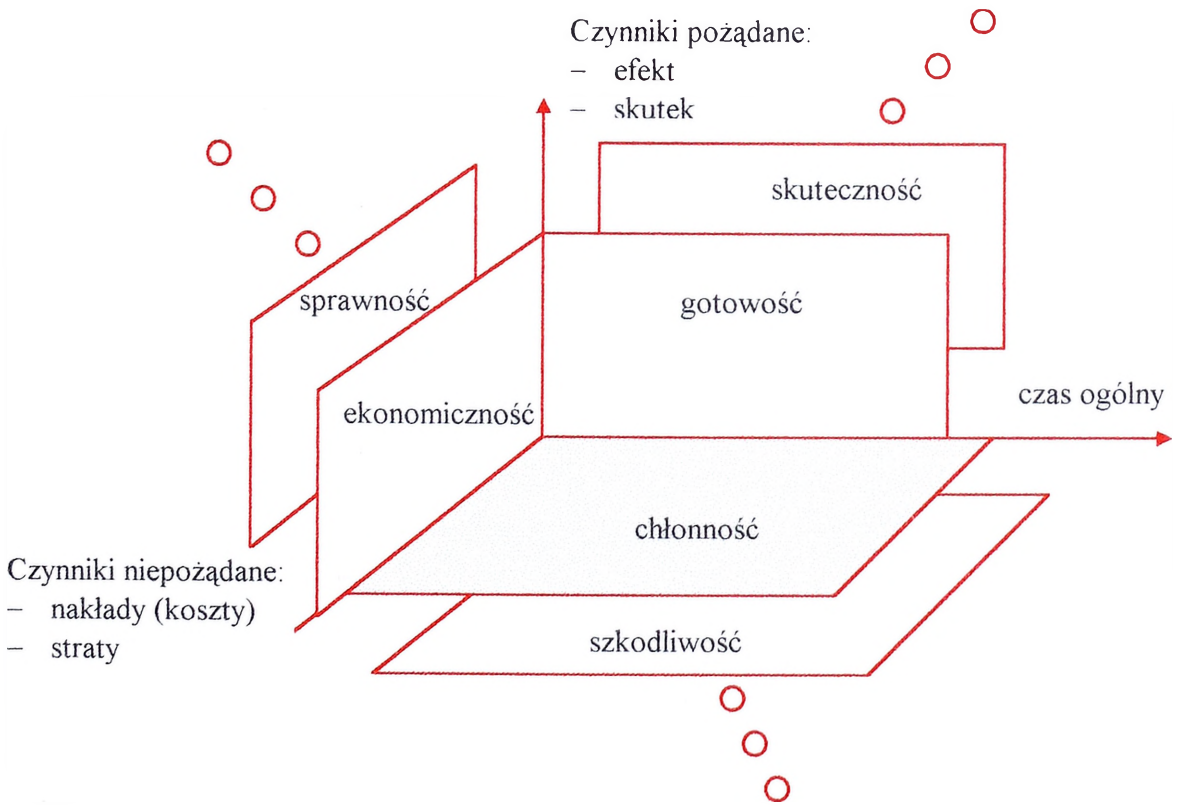
[1] Porównaj: B.A. Szlachcic: *Analiza kosztów eksploatacji i użycia bojowego samolotu wielozadaniowego.* Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej. Luty 1999.
[2] tamże.

najistotniejsze z punktu widzenia użytkownika, a których znaczenie jest dla niego marginalne w kontekście jego możliwości gospodarczych i militarnych.

Średnia cena jednego lekkiego samolotu myśliwskiego to około 20÷25 mln $, średniego 40÷80 mln $, oraz ponad 80 mln $ w przypadku ciężkiego samolotu myśliwskiego licząc bez uzbrojenia zwiększającego cenę zakup o 30÷60 % [1] .
Są to poważne argumenty przemawiające za rozwijaniem małych samolotów wielozadaniowych mimo, iż niektórzy teoretycy wątpią w ich walory bojowe.

Wskaźniki efektywności taktycznej .

Złożoność terminu „efektywność taktyczna" oraz przytoczona różnorodność definicji rozpatrywanego pojęcia wymaga indywidualnego podejścia do miary jaką należy zastosować do jej wyznaczenia. W przypadku samolotów bojowych (wojskowych) miarę efektywności taktycznej wyrazić należy relacjami zachodzącymi między takimi pojęciami (parametrami) jak pożądany efekt działania, niepożądany skutek (strata) wywołany działaniami i czas działania.



Rys. 2.3. Zależność między czynnikami decydującymi o efektywności samolotu w relacji do parametrów pożądanych, niepożądanych i czasu

Skoro dotychczasowe rozważania (i spostrzeżenia) skłaniają do stwierdzenia, że efektywność samolotu E określa stopień (prawdopodobieństwo) spełnienia stawianych przed nim wymagań należałoby przyjąć jej marę jako :

$$E = G \cap N \cap P^{2}$$

gdzie : *G, N, P.* są niezależnymi zdarzeniami związanymi z realizacją zadania :

***G* - wskaźnik gotowości[3] operacyjnej samolotu**, czyli prawdopodobieństwo zaistnienia zdarzenia polegającego na tym, że samolot będzie gotowy do realizacji zadania bojowego wynikającego z jego przeznaczenia (samolot myśliwski, szturmowy, szkolno-bojowy, rozpoznawczy, bombowy ...). Przedstawiany jest on w postaci wyrażenia :

$$G = \frac{T_g}{T_g + T_n} = 1 - \frac{T_n}{T_g + T_n}$$

gdzie :

T_g - czas w stanie gotowości ;

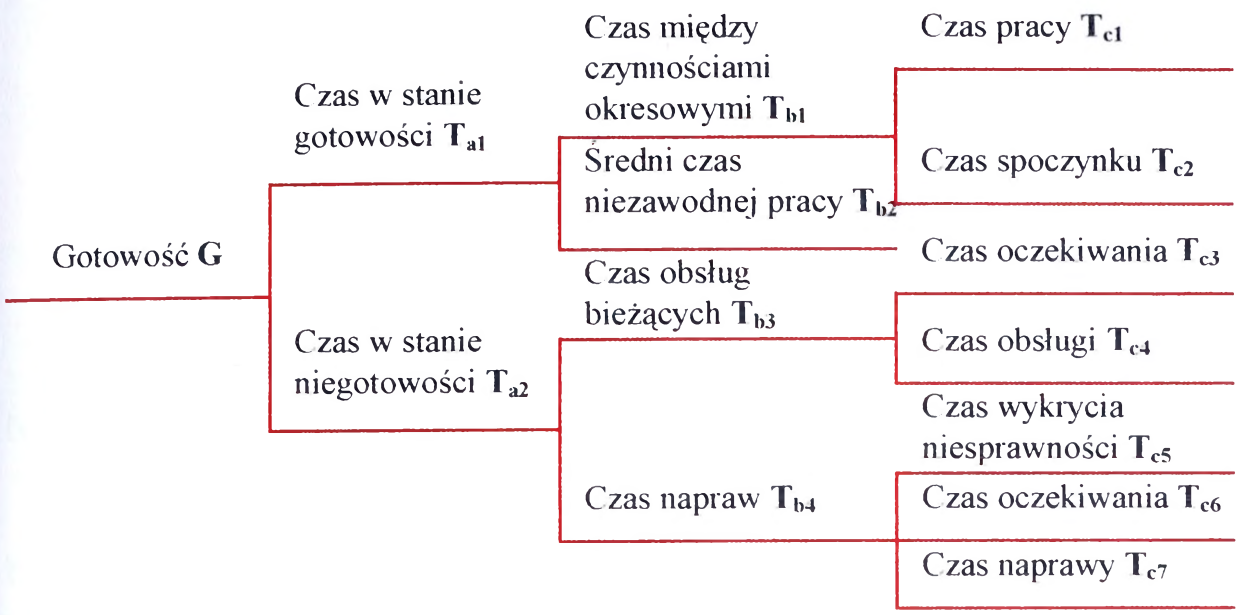
T_n - czas w stanie niegotowości;

---

[1] Na podstawie komunikatów rozpoznawczych DWLOP 1993÷95.

[2] Porównaj St. Bramski, W Świątnicki: *Samoloty wojskowe potrzebne Rzeczypospolitej.* Prace Instytutu Lotnictwa nr 174, Warszawa 1996 oraz J. Borgoń J. Jaźwiński: *Niezawodność eksploatacyjna i bezpieczeństwo lotów.* WKŁ Warszawa 1989.

[3] Zdolność bojowa sprzętu technicznego do jego użycia w określonym czasie zgodnie z przeznaczeniem. Na gotowość bojową sprzętu technicznego składają się również : sprawność techniczna sprzętu, wyszkolona załoga, zaopatrzenie w paliwo i inne materiały techniczne oraz środki bojowe. *Leksykon wiedzy wojskowej.* MON Warszawa 1979, s. 130



Rys. 2.4. Struktura klasyfikacji gotowości samolotu

Wskaźnik gotowości (operacyjnej) w Stanach Zjednoczonych, traktowany jako procent sprzętu w stanie nadającym się do natychmiastowego użycia, waha się w granicach od 0,60 do 0,95 [1]. Wyższą gotowość mają zwykle starsze i mniej skomplikowane typy statków powietrznych .

N - **wskaźnik niezawodności samolotu**, określony jako prawdopodobieństwo zaistnienia zdarzenia polegającego na tym, że będzie on pracował niezawodnie podczas wykonywania zadania bojowego Wskaźnik niezawodności przedstawia się w postaci wyrażenia :

$$N = \exp\left[-\int_{t_1}^{t_2} \lambda(t)dt \right]$$

gdzie :

$\lambda(t)$ - Funkcja intensywności uszkodzeń . Wartość funkcji $\lambda(t)$ w punkcie t jest to iloraz gęstości prawdopodobieństwa czasu działania samolotu w

[1] St. Bramski, W Świątnicki: *Samoloty wojskowe potrzebne Rzeczypospolitej.* Prace Instytutu Lotnictwa nr 174 Warszawa 1996, s. 65.

punkcie t oraz prawdopodobieństwo tego, że czas pracy samolotu jest równy co najmniej t .

$$\lambda(t)=\frac{f(t)}{N(t)} \quad (\ t \geq 0\ ,\ N(t)>0\ )$$

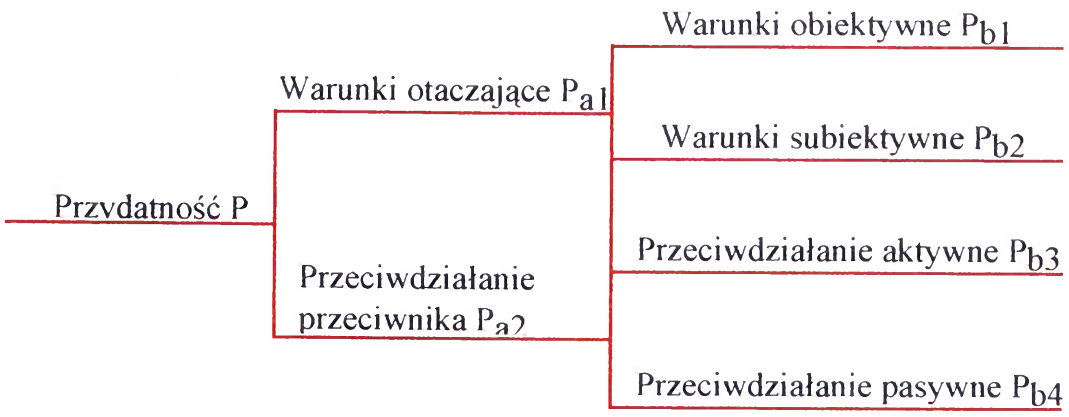
t_2-t_1 - rozpatrywany przedział czasu.

Niezawodność dla myśliwców USA waha się od 0,64 (F-111) do 0,92 (F-16) [1].

P - wskaźnik przydatności do wykonania zadania określony jako prawdopodobieństwo zdarzenia polegającego na tym, że samolot będzie odpowiedni do warunków w jakich zostanie zastosowany .

$$P=\prod_{i=1}^{4} P_{bi}$$

Wskaźnik ten określa prawdopodobieństwo zgodności (stopień zgodności) osiągów samolotu, właściwości pilotażowych i innych parametrów techniczno-taktycznych z wymaganymi do realizacji zadania oraz jego odporność na zakłócenia i przeciwdziałanie potencjalnego przeciwnika w czasie realizacji zadania. Wskaźnik przydatności może dotyczyć również stopnia dopasowania ergonomicznego do predyspozycji psychofizycznych oraz wyszkolenia personelu latającego i technicznego



Rys. 2.5. Struktura klasyfikacji przydatności samolotu

[1] tamże s. 65.

W warunkach bojowych podczas realizacji nietypowego zadania z wykorzystaniem samolotów nie najwyższej klasy wskaźnik spada poniżej 0,90 [1].

Jak widać efektywność taktyczną samolotu określić należy nie tylko na podstawie jego możliwości bojowych i możliwości jego uzbrojenia oraz wyposażenia radioelektronicznego, ale uwzględniając również sytuację taktyczną, w jakiej będzie on prowadził działania bojowe. Szczególnego znaczenia nabiera więc przeciwdziałanie potencjalnego przeciwnika.

Określenie prawdopodobieństwa wykonania zadania bojowego jako całkowitego wskaźnika efektywności wymaga określenia szeregu elementarnych zadań.

Przykładowo, dla samolotu wykonującego zadanie bojowe polegające na :

(a) zwalczaniu celów powietrznych – określić należy również prawdopodobieństwo przechwycenia celu;

(b) zwalczaniu celów naziemnych - określić należy również prawdopodobieństwo rażenia celu.

Zasadnym wydaje się, aby dla uwzględnienia innych czynników wpływających na efektywność należałoby przyjąć, że czynniki i przyczyny utrudniające wykonanie zadania są niezależne.

Podczas oceny efektywności nie sposób pominąć rozważań na temat rodzaju i ważności wykonywanego zadania bojowego (poprzez prawdopodobny wpływ na dalszy przebieg działań bojowych) i wynikającej z tego wymaganej minimalnej wartości efektywności taktycznej samolotu (minimalnej wartości prawdopodobieństwa wykonania zadania). Przykładowo dla przypadku :

- zwalczania środków przenoszących ładunki jądrowe i inne środki masowego rażenia (ŚMR) efektywność $E \geq 0,95$;
- zwalczania innych środków o mniejszym znaczeniu np. samoloty myśliwskie, myśliwsko-bombowe, szturmowe, śmigłowce, wyrzutnie pocisków rakietowych i inne efektywność $E \geq 0,80$;

---

[1] tamże s. 66.

- zwalczania samolotów i śmigłowców transportowych, łącznikowych, oraz obiektów naziemnych o małym znaczeniu efektywność $E \geq 0{,}50$.

Wynika z tego, że w oparciu o ocenę efektywności pojedynczego samolotu w warunkach bojowych koniecznym będzie określenie potrzebnej ilości samolotów (samolotolotów) tak, aby zadanie zostało wykonane w przypadku gdy efektywność pojedynczego samolotu jest mniejsza niż wymagana dla danej grupy zadań
Ilość tą można ją określić na podstawie zależności[1] :

$$E = 1 - (1 - E_1)^N$$

gdzie :

- E - efektywność (prawdopodobieństwo) wymagana;
- E_1 - efektywność pojedynczego samolotu;
- N – potrzebna ilość samolotów.

Po przekształceniu potrzebna ilość samolotów :

$$N = \frac{\log(1 - E)}{\log(1 - E_1)}$$

[1] P. Makowski, St. Rękas: *Ocena efektywności systemów uzbrojenia lotniczego podczas zwalczania celów powietrznych i naziemnych.* AON Warszawa 1993.

***

Zdaniem autora ocenę efektywności taktycznej samolotu można przeprowadzić na dwa sposoby. Analizując realizację zadań bojowych wynikających z jego przeznaczenia (np. poprzez ocenę efektów działań bojowych z udziałem lotnictwa w konfliktach regionalnych), lub w razie braku takiej możliwości analizując jego właściwości tj.: parametry masowo-geometrycznych, zakresy prędkości i wysokości lotu oraz udźwig uzbrojenia i porównywać je z innymi konstrukcjami podobnej klasy.

Takie podejście do problematyki efektywności taktycznej i wykorzystania lotnictwa wojskowego oraz świadomość, iż najistotniejszymi zaletami samolotów jako środków transportu i walki są: duża prędkość (maksymalna, przelotowa oraz wznoszenia), duża masa użyteczna w odniesieniu do masy własnej, zasięg działania (rozumiany również jako taktyczny promień działania) i wielowariantowość uzbrojenia spowodowały, że na tych parametrach lotno-taktycznych i na wpływie na ich wartości względnych parametrów masowych i geometrycznych autor skoncentrował swoje badania.

Rozległość uwarunkowań efektywności taktycznej samolotów spowodowała konieczność zawężenia badań efektywności do badania wskaźnika przydatności do wykonania zadania (P), poprzez badanie zgodności cech i parametrów taktyczno-technicznych z wymaganymi do realizacji konkretnej grupy zadań. Dodatkowo badania te były prowadzone w ujęciu wpływu na tak zawężoną efektywność parametrów masowo-geometrycznych samolotów.

Inne wskaźniki, na których wartość parametry masowo-geometryczne nie wpływają w znaczący sposób zostały przyjęte na podstawie wartości pożądanych określonych podczas badań prowadzonych przez innych autorów[1].

---

[1] St. Bramski, W. Świątnicki: *Samoloty wojskowe potrzebne Rzeczypospolitej.* Prace Instytutu Lotnictwa nr 174. Warszawa 1996, s. 89.

2.1. Analiza parametrów masowo-geometrycznych reprezentatywnych samolotów bojowych

Bardzo często w trakcie studiowania literatury dotyczącej obszaru prowadzonych badań autor spotykał w opisach najnowszych konstrukcji lotniczych określenia „samoloty poprzedniej generacji", „samolot nowej generacji" lub „samolot V generacji".

Jednak nigdzie nie spotkał jasnych i prostych kryteriów pozwalających zakwalifikować, czy wręcz przypisać konkretny samolot do danej generacji. Problemem jest również określenie ich ilości. Na potrzeby tej rozprawy autor zdefiniował i określił główne cechy pozwalające dokonać takiego zaszeregowania.

Samo określenie ***generacja***[1] oznacza grupę typów maszyn i urządzeń konstrukcyjnych na tym samym szczeblu rozwoju technologii (np. nowa generacja komputerów, samochodów itp.).

W przypadku wyżej wspomnianych komputerów, jako urządzeń o porównywalnym znaczeniu i zbliżonej dynamice rozwoju, można już znaleźć próby ich zdefiniowania i sklasyfikowania .

I tak „generacje komputerów cyfrowych"[2] zostały zdefiniowane jako okresy rozwoju komputerów, których cechami charakterystycznymi jest poziom technologii elementów stosowanych w ich budowie oraz ich własności funkcyjne.

generacja I - komputery lampowe;

generacja II - komputery oparte na dyskretnych elementach półprzewodnikowych (diody, tranzystory);

generacja III - komputery z wykorzystaniem technologii scalonych układów monolitycznych

generacja IV - komputery oparte na układach o dużej skali integracji.

---

[1] *Słownik współczesnego języka polskiego* pod red A. Sikorskiej-Michalak, W WILGA Warszawa 1996, s. 269.
[2] *Encyklopedia techniki wojskowej.* Warszawa 1987, s. 192.

Sposób klasyfikowania komputerów cyfrowych najlepiej nadaje się do zaadaptowania również ze względu na ich znaczenie w rozwoju nowoczesnych konstrukcji lotniczych.

Przyjmując podobne kryteria należałoby uznać, że :

generacja I - to samoloty z okresu początków rozwoju lotnictwa (1918...1945) poruszające się z małymi prędkościami, o prostej konstrukcji, wykorzystujące do napędu silniki tłokowe o niewielkiej mocy ;

generacja II - to samoloty, w których zmiany w stosunku do poprzednich sprowadzały się głównie do innych (nowocześniejszych) zespołów napędowych , wzrostu prędkości i innych osiągów spowodowane większymi wartościami ciągu stosowanych turbinowych silników odrzutowych ;

generacja III - to samoloty, w których dokonano zasadniczej zmiany uzbrojenia, samoloty, w których nastąpiło zmniejszenie znaczenia pokładowej broni strzeleckiej na rzecz kierowanych i samonaprowadzających się pocisków rakietowych. Znacznie udoskonalone stacje radiolokacyjne, oraz zastosowanie pierwszych generacji komputerów pokładowych uniezależniło działania samolotów od warunków atmosferycznych i pory doby. Samoloty tej generacji osiągnęły prędkości ponaddźwiękowe ;

generacja IV - to samoloty, w których wyraźnemu wyodrębnieniu uległy trzy podstawowe działy (systemy) to jest: płatowiec, awionika, system uzbrojenia. Większość eksploatowanych obecnie samolotów to samoloty IV generacji ;

generacja V - to samoloty posiadające środki rażenia o rekordowych zasięgach oraz z rozwiniętą automatyką ich działania. Powszechnym w tej generacji samolotów stało się wykorzystywanie technologii „stealth" oraz bardzo nowoczesnej („inteligentnej") awioniki. Ujemny zapas stateczności i sterowanie wektorem ciągu spowodowały, że w stosunku do nich zaczęło pojawiać się

określenie „samoloty supermanewrowe", lub skromniej zaczęto je określać jako „samoloty o podwyższonej manewrowości".

Parametry[1] masowo-geometryczne współczesnego samolotu bojowego[2] (wbrew przekonaniom wielu ich użytkowników i taktyków) nie są, zdaniem autora, parametrami drugorzędnymi o znikomym wpływie na wartość bojową samolotu. To błędne a równocześnie często występujące wśród respondentów przekonanie wynika w dużej mierze z tego, że nigdy nie próbowali oni analizować właściwości samolotu w zależności od tych parametrów. Wiarygodna ocena efektywności taktycznej może i powinna być prowadzona w oparciu o analizę parametrów masowo-geometrycznych samolotu i ich wpływu na własności lotne samolotu.

Już na etapie projektowania samolotu jego parametry masowo-geometryczne tak dobierane są tak, aby możliwie wszystkie warunki taktyczno-techniczne (parametry) zostały zapewnione przy minimalnej masie samolotu. Nie jest prawdą, że coraz doskonalsze zespoły napędowe pozwalają zlekceważyć parametry masowe samolotu i traktować je jako drugorzędne. Nieuzasadnione zwiększenie masy płatowca to zmniejszenie masy użytecznej lub pogorszenie własności lotnych. Z pewnym uproszczeniem można przyjąć, że masa startowa samolotu stanowi sumę mas płatowca ($m_{pl.}$), zespołu napędowego (jednego lub dwóch silników) ($m_{zesp.n.}$), układu zasilania wraz z paliwem ($m_{p.}$), wyposażenia radioelektronicznego – awioniki ($m_{a.}$) i masy użytecznej (rozumianej również jako masa uzbrojenia) ($m_{uż.}$).

$$m_{st.} = m_{pl.} + m_{zesp.n.} + m_{p.} + m_{a.} + m_{uż.}$$

---

[1] Parametr (techn.) wielkość fizyczna charakteryzująca dane ciało (np. gęstość), proces (np. szybkość) element lub urządzenie (np. ciężar, wymiary geometryczne). *Encyklopedia popularna.* PWN. Warszawa 1991, s. 618.

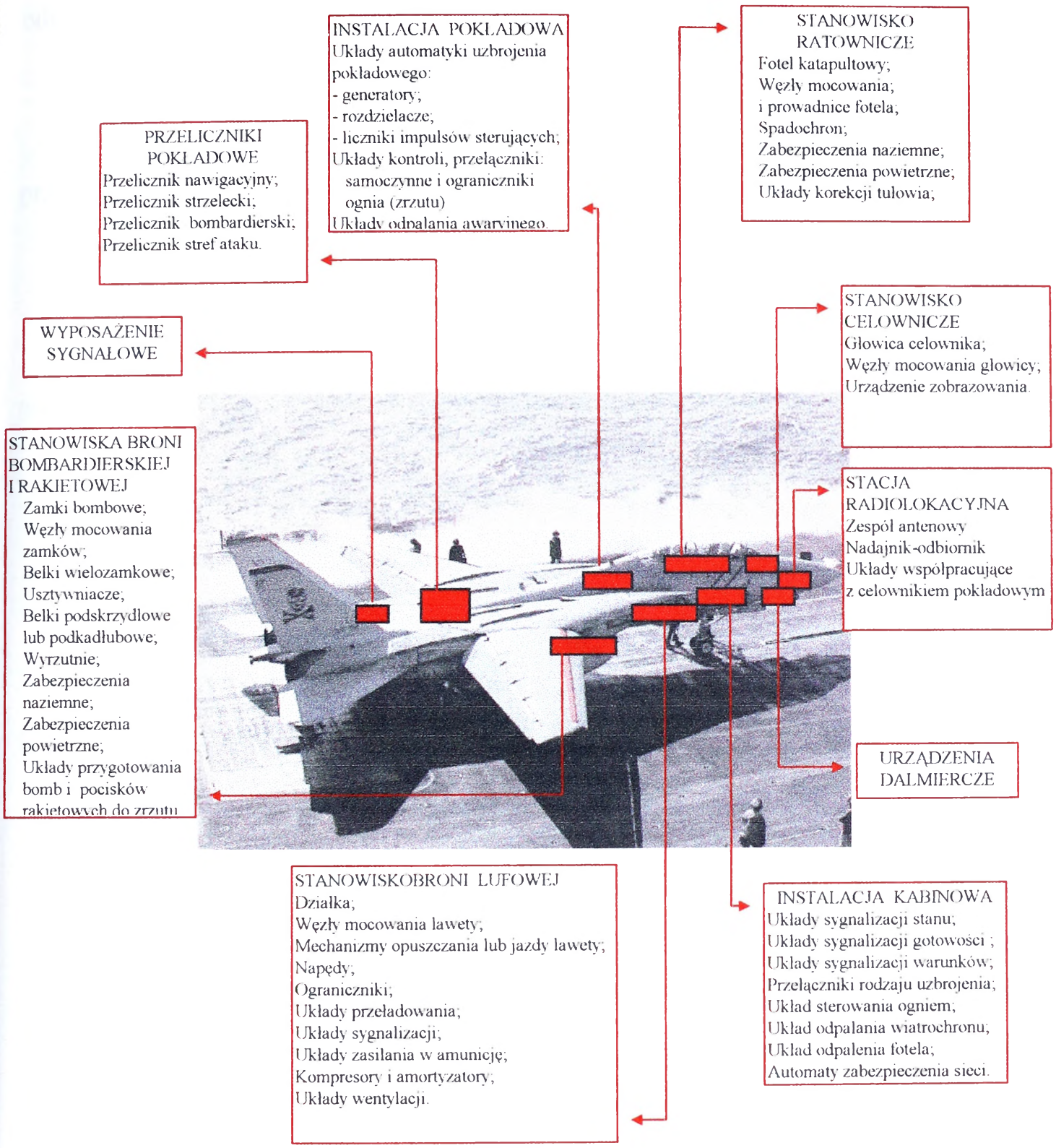
[2] Opis konstrukcji i wyposażenia analizowanych konstrukcji zawiera załącznik 3.

SPRZĘT UZBROJENIA LOTNICZEGO (wybór)

WYPOSAŻENIE BOJOWE		ŚRODKI BOJOWE		WYPOSAŻENIE TECHNICZNE	
1	Kompleksy nawigacyjno-celownicze	16	Amunicja lotnicza	31	Kompleksy szkolno-treningowe
2	System zobrazowania informacji	17	Bomby lotnicze	32	Stacje kontrolno-pomiarowe
3	Celowniki i dalmierze	18	Bomby kasetowe	33	Aparatura pomiarowa
4	Termonamierniki	19	Niekierowane pociski rakietowe	34	Przyrządy kontrolne
5	Komputery i wyliczniki celownicze	20	Kierowane pociski rakietowe	35	Ruchome stanowiska naprawcze
6	Działka	21	Torpedy lotnicze	36	Narzędzia i środki bhp
7	Skrzynki nabojowe	22	Miny lotnicze	37	Środki mechanizacji pracy
8	Wyrzutnie szynowe	23	Środki niekonwencjonalne	38	Urządzenia magazynowe
9	Wyrzutnie rurowe	24	Zapalniki mechaniczne	39	Środki dźwigowo-przewozowe
10	Wyrzutniki bombowe	25	Zapalniki elektryczne	40	Urządzenia lotniskowe
11	Zamki bombowe	26	Pironaboje	41	Pomoce szkoleniowe
12	Przyrządy kierowania ogniem	27	Środki pozoracyjne	42	Środki łączności
13	Fotokarabiny	28	Środki zakłócające	43	Przyrządy do czyszczenia i konserwowania
14	Pistolety sygnalizacyjne	29	Środki sygnalizacji	44	Przyrządy do przestrzeliwania
15	Fotele katapultowe	30	Środki znakowania	45	Cele naziemne i powietrzne

Rys. 2.6 Rodzaje sprzętu uzbrojenia lotniczego[1]

[1] *Ilustrowany leksykon lotniczy. Uzbrojenie* WKŁ. Warszawa 1991, s. 224.



Rys. 2.7. Wyposażenie bojowe samolotu (uzbrojenie) [1]

[1] *Ilustrowany leksykon lotniczy. Uzbrojenie.* WKŁ. Warszawa 1991, s. 294.

Wyrażając masę poszczególnych modułów w jednostkach względnych jako wielkości odniesione do masy startowej można określić, że :

$$1 = \overline{m}_{pl.} + \overline{m}_{zesp.n.} + \overline{m}_{p.} + \overline{m}_{a.} + \overline{m}_{uż.}$$

przy czym:

$$\overline{m}_{zesp.n.} = k_{zesp.n.} \frac{m_{s-ka.}}{m_{st.}}$$

gdzie: $k_{zesp.n.}$ =1,15...1,30 jest współczynnikiem uwzględniającym masy zawieszenia sterowania zespołem napędowym, układów wlotowego i wylotowego oraz wyposażenia (zależne od tego czy silnik umieszczony został w kadłubie, pod kadłubem, czy w skrzydłach),

$$\overline{m}_{z.p.} = k_{p.} \overline{m}_{p}$$

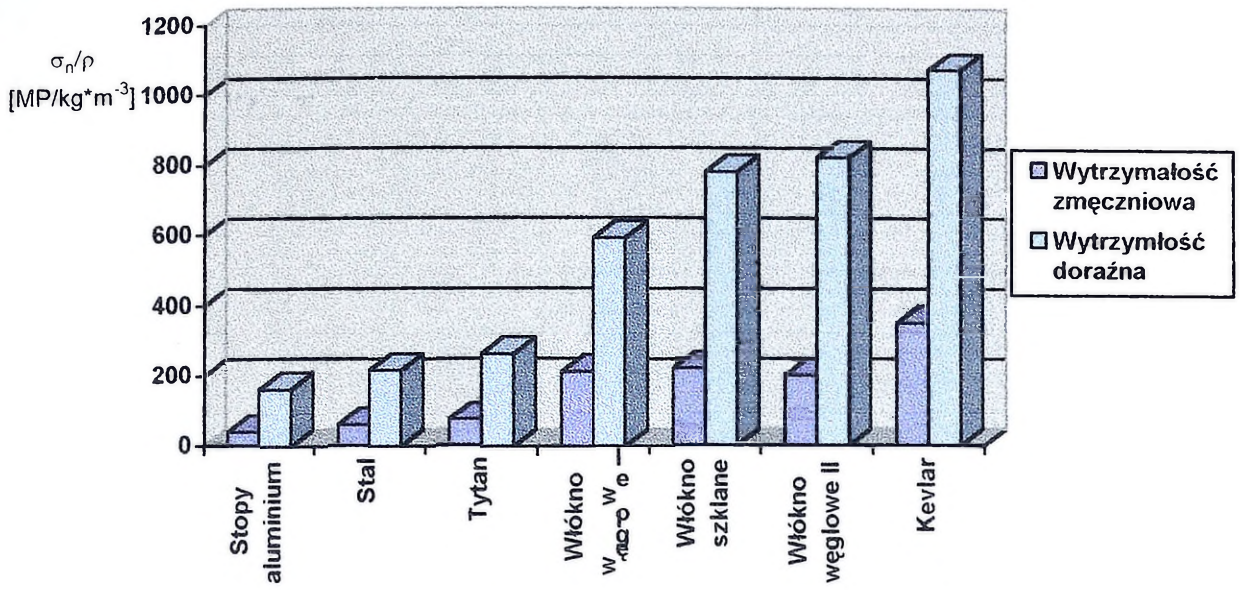
gdzie: $k_{z.p.}$ =1,06...1,10 jest współczynnikiem uwzględniającym masy zbiorników, pomp paliwowych, przewodów zasilających i przyrządów.

Jak łatwo zauważyć na podstawie tych przykładów wzrost masy dowolnego modułu samolotu powoduje progresywny wzrost masy całej konstrukcji[1].

Warto podkreślić, że największy wpływ na wzrost masy konstrukcyjnej samolotu (płatowca) ma konieczność zapewnienia odpowiedniej wytrzymałości. Oznacza to, że najbardziej efektywnym sposobem zmniejszenia masy konstrukcji jest racjonalne ograniczenie wymagań wytrzymałościowych (obciążeń, które musi ona przenosić). Nie bez znaczenia jest prawidłowy wybór materiału, z którego wykonane są poszczególne elementy, oraz takie ich rozmieszczenie aby zostały wykorzystane najefektywniej (Porównanie własności wytrzymałościowych Rys.2.8.). Niestety, wysoka cena tytany i materiałów kompozytowych ogranicza ich zastosowanie.

---

[1] Podane wartości współczynników określone zostały na podstawie badań statystycznych i były wykorzystywane przez autora między innymi podczas opracowywania projektu wstępnego samolotu wykonywanego w ramach pracy magisterskiej: *Projekt wstępny samolotu szkolno-bojowego.* WAT. Warszawa, 1993.



Rys. 2.8. Wytrzymałość doraźna[1] i wytrzymałość zmęczeniowa[2] właściwa materiałów konstrukcyjnych samolotów (wartości średnie)

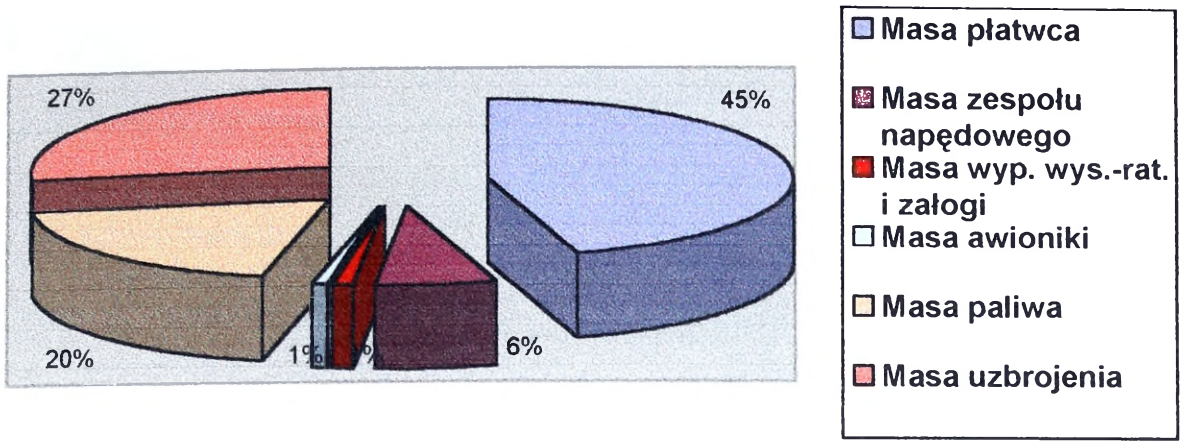
[1] Wytrzymałość materiału podlegającego powoli wzrastającemu obciążeniu odniesiona do gęstości materiału.
[2] Wytrzymałość materiału podlegającego obciążeniom wielokrotnie szybkozmiennym odniesiona do gęstości materiału.

Tabela 2.1 a. PODSTAWOWE PARAMETRY MASOWO-GEOMETRYCZNE PŁATOWCÓW WSPÓŁCZESNYCH SAMOLOTÓW BOJOWYCH

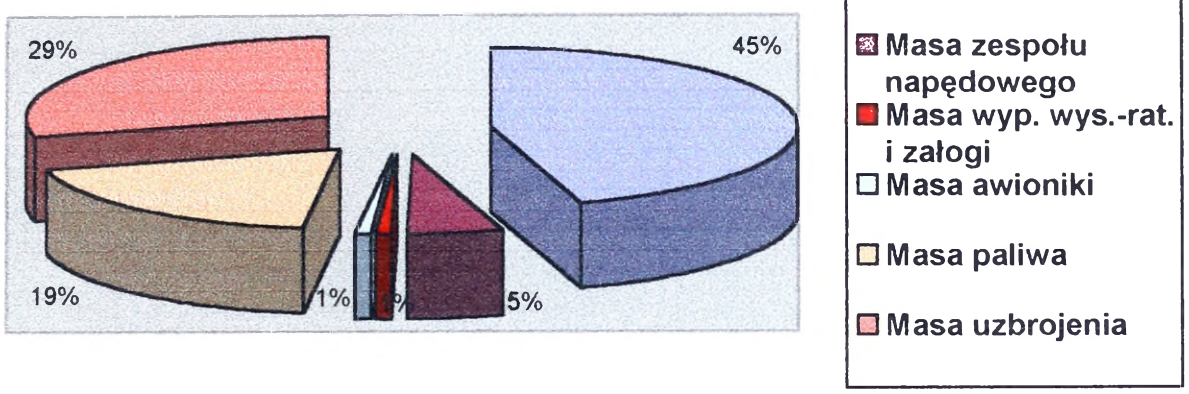
Lp.	Wytwórnia	Nazwa	Państwo rok rozp. produkcji	Załoga	Wymiary			Masa						Skrzydło		Zespół napędowy		Ciąg	
					rozpiętość l_Y	długość l_X	Wysokość l_H	start. **m** [kg]	własna $M_{wł.}$ [kg]	wzgl. 10/9 [-]	użytecz. **m** [kg]	paliwa wew./zew. [kg]	uzbroj. [kg]	pow. **S** [m2]	obciąż. **p** [kg/m2]	ilość i rodzaj silników	masa $M_{zesp.}$ [kg]	start. **K** [daN]	jedn. **n** [-]
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
1	GURMAN	F-14D Tomkat	USA 1973	2 M.W	19,54 [11,65]	19,10	4,88	33724	18190	0,54	15534	7043 / 6770	6575	52,5	642,4	2 dwuprzepł. TSO	2520	12460 (z dop.) 20600	0,37 0,61
2		A-10A ThunderboltI I	USA 1975	1 [2] Sz	17,53	16,26	4,47	22680	11320	0,50	11360	4797 / 5310	7250	47,0	482,6	2 TSO	1294	8200	0,36
3	PANAVIA	Tornado F.3	W.B.. RFN, Wł. 1979	2 M.	13,91 [9,80]	18,68	5,70	27984	14500	0,52	13484	6321 / 5851	8500	26,6	1052,0	2 dwuprzepł. TSO	1980	8100 (z dop.) 14700	0,29 0,53
4	LOCKHED	F-117A	USA 1980	1 Sz	13,21	20,09	3,78	23800	13600	0,57	10200	9400 / -	2500 wew.	63,2	376,6	2 dwuprzepł. TSO	1820	11060	0,46
5	Mikojan- -Gurewicz	MiG-29M	Rosja 1984	1 M.W	11,36	17,52	4,73	18500	10900	0,59	7600	4446 / 3000	4500	38,0	486,8	2 dwuprzepł. TSO	2100 3200	9880 (z dop.) 16280	0,53 0,88
6	Suchoj	Su-25	Rosja 1984	1 Sz	14,36	15,53	4,80	19500	9980	0,51	9520	2652 / 3588	5000	33,7	578,6	2 TSO	2560	8820	0,45
7	British Aerospace	Hawk 200	W.Bryt. 1986	1 Sz	9,40	11,40	4,10	8618	4127	0,48	4491	1130 / 5400	3493	16,7	516,0	1 TSO	960	2600	0,30
8	Mc Donnell- Douglas	F-15E Ealge	USA 1986	2 M.	13,05	19,43	5,63	36740	14380	0,39	22360	6103 / 9818	11100	56,5	650,3	2 dwuprzepł. TSO	2934	12980 (z dop.) 21140	0,35 0,58
9	Mc Donnell Douglas	F/A-18D Hornet	USA 1987	2 M.Sz	11,43	17,07	4,66	25400	10455	0,41	14945	6558 / 4440	7700	37,2	683,5	2 dwuprzepł. TSO	3258	9600 (z dop.) 14240	0,38 0,56
10	General Dynamics	F-16 C	USA 1988	1 M.W	10,00	14,52	5,09	19187	8773	0,46	10414	3162 / 3065	5440	27,9	688,4	1 dwuprzepł. TSO	1636	8100 (z dop.) 12900	0,42 0,67

Tabela 2.1 b. PODSTAWOWE PARAMETRY MASOWO-GEOMETRYCZNE PŁATOWCÓW WSPÓŁCZESNYCH SAMOLOTÓW BOJOWYCH

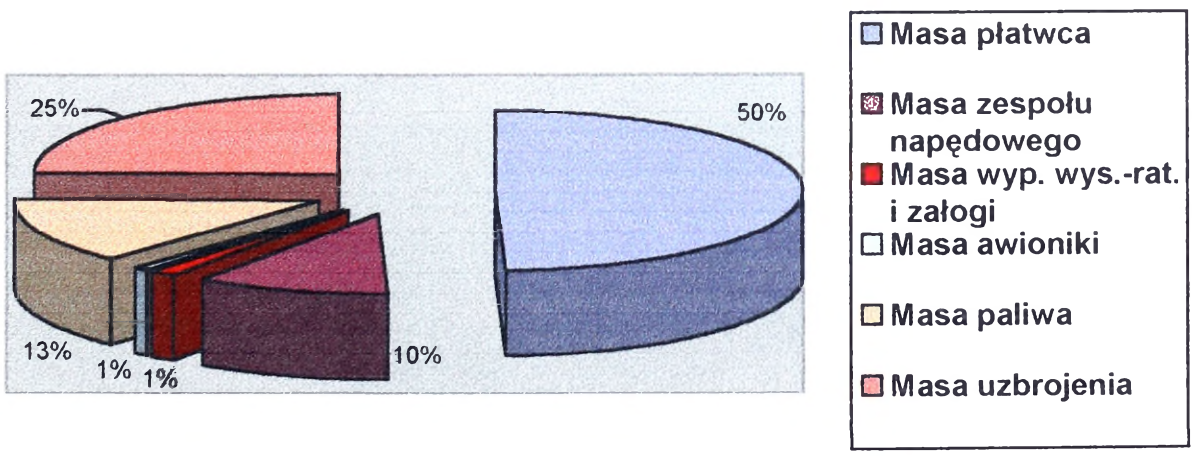
Lp.	Wytwórnia	Nazwa	Państwo rok rozp. produkcji	Załoga	Wymiary			Masa						Skrzydło		Zespół napędowy		Ciąg	
					rozpiętość l_Y	długość l_X	wysokość l_H	start. **m** [kg]	własna $M_{wł.}$ [kg]	wzgl. 10/9 [-]	użytecz. **m** [kg]	paliwa wew./zew. [kg]	uzbroj. [kg]	pow. **S** [m^2]	obciąż. **P** [kg/m^2]	Ilość i rodzaj silników	Masa $M_{zesp.}$ [kg]	start. **K** [daN]	jedn. **n** [-]
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**	**15**	**16**	**17**	**18**	**19**	**20**
11	AERMACCHI -EMBRAER	AMX	Włochy Brazylia 1988	1 Sz	9,97	13,23	4,55	13000	6700	0,52	6300	2773 / 3120	3800	21,0	619,0	1 dwuprzepł. TSO	?	4910	0,38
12	BAe- Mc Donnell-Douglas	Harrier GR.7	W.Bryt. USA 1989	1 Sz	9,25	14,12	3,55	14060	6343	0,45	7717	3370 / 3540	6000	22,5	624,9	1 dwuprzepł. TSO	1270	10590	0,75
13	Jakowlew	Jak-141	Rosja 1989*	1 M.Sz	10,10	18,30	5,00	19500	11000	0,56	8500	3120 / 1560	2600	30,0	650,0	1 [+2 nośne] TSO	?	8825 [8360] 15200	0,45 0,78
14	DASSAULT	Mirage 2000-5	Francja 1991*	1 M.Sz	9,13	14,36	5,02	15000	7500	0,50	7500	3095 / 3715	6300	41,0	365,9	1 dwuprzepł. TSO	1517	6430 (z dop.) 9510	0,43 0,63
15	Suchoj	Su-27 IB	Rosja 1992	2 M.Sz	14,70	21,93	5,93	30000	14800	0,49	15200	9400	8000	63,2	474,7	2 Dwuprzepł. TSO	3262	18000 (z dop.) 24770	0,60 0,83
16	SAAB	JAS 39 Gripen	Szwecja 1993	1 M.Sz	8,40	14,10	4,50	12473	6622	0,53	5851	2350	4200	30,0	415,8	1 dwuprzepł. TSO	1050	5440 (z dop.) 8050	0,44 0,65
17	DASSAULT	Rafale	Francja 1993*	1 [2] M.W	10,90	15,30	5,34	19500	9800	0,50	9700	4440 / 6000	6000	45,0	433,3	2 dwuprzepł. TSO	1794	9740,0 (z dop.) 14580	0,50 0,75
18	-	EURO-FIGHTER EFA 2000	W.B., H. RFN, Wł. 1994	1 M.W	10,50	14,50	5,00	21000	9750	0,46	11250	4750 / 2340	6500	50,0	420,0	2 dwuprzepł. TSO	2070	12000 (z dop.) 18000	0,57 0,86
19	LOCKHED	F-22 Raptor	USA 1994*	1 [2] M.	13,11	19,56	5,41	28123	15442	0,55	12681	9980 / -	9280 wew.	77,1	364,7	2 dwuprzepł. TSO	?	31200	1,11



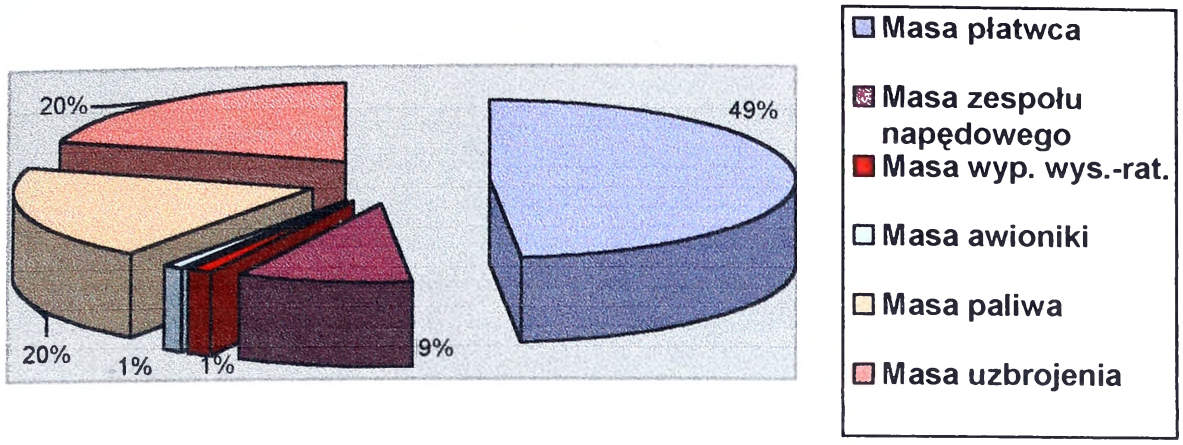
Rys. 2.9. Procentowy udział mas składowych samolotu Tornado F.3



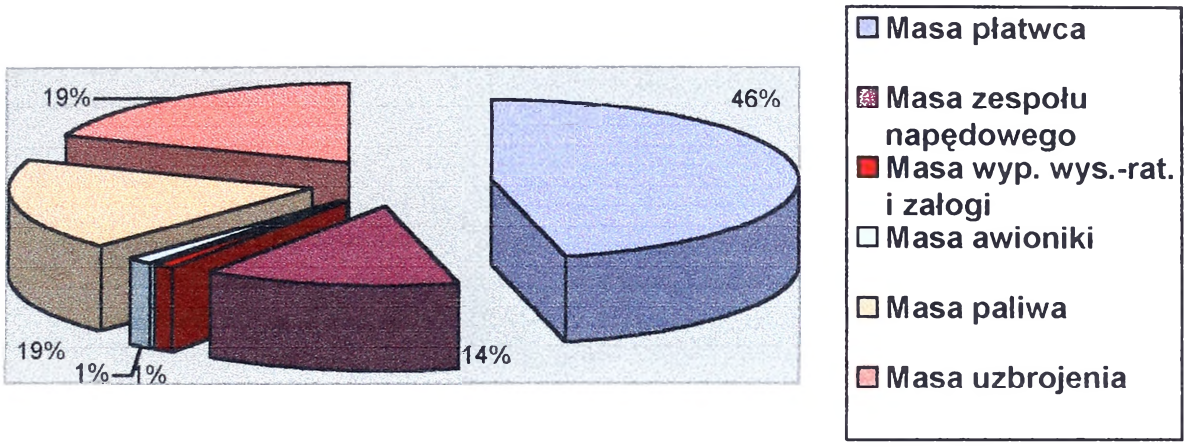
Rys. 2.10.Procentowy udział mas składowych samolotu A-10A Thunderbolt II



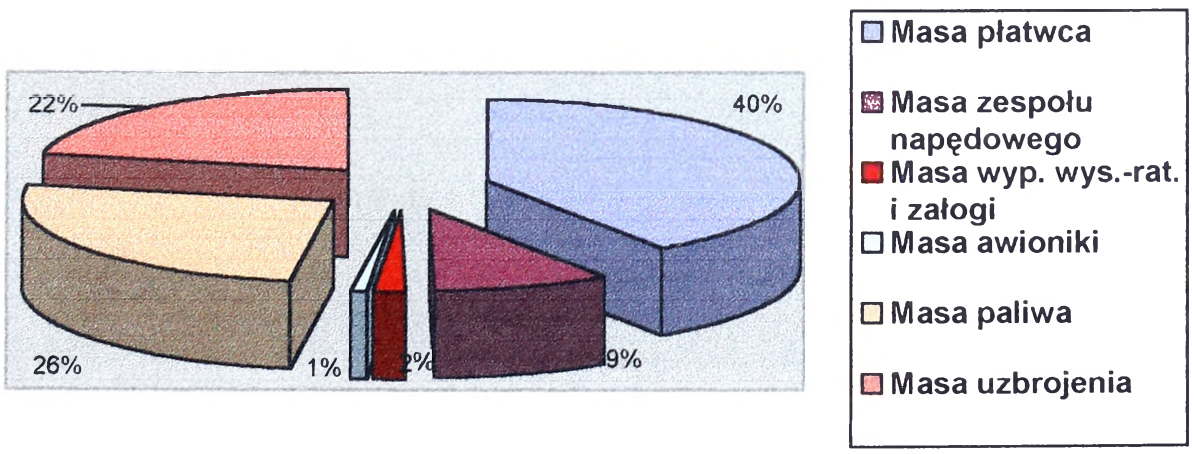
Rys. 2.11. Procentowy udział mas składowych samolotu Su-25



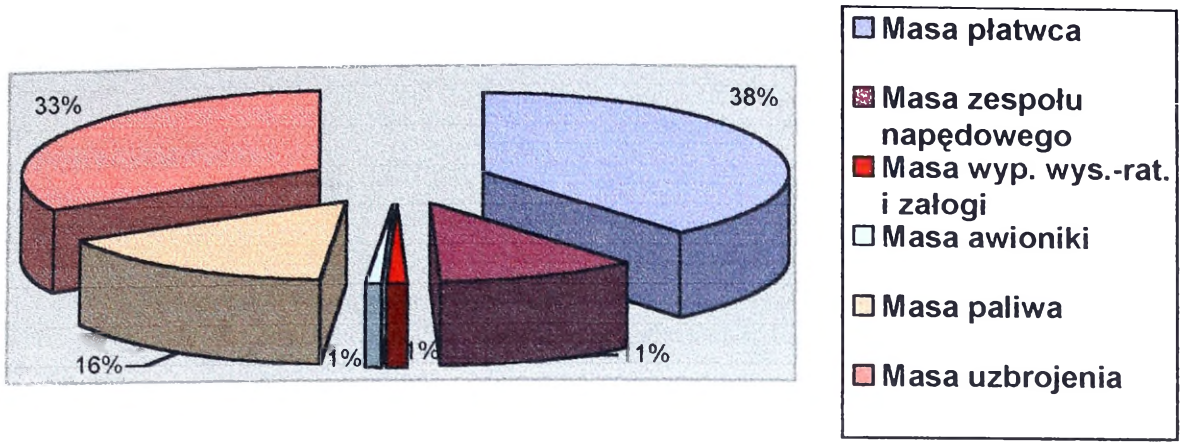
Rys. 2.12. Procentowy udział mas składowych samolotu MiG-29M z silnikiem RD-33-D



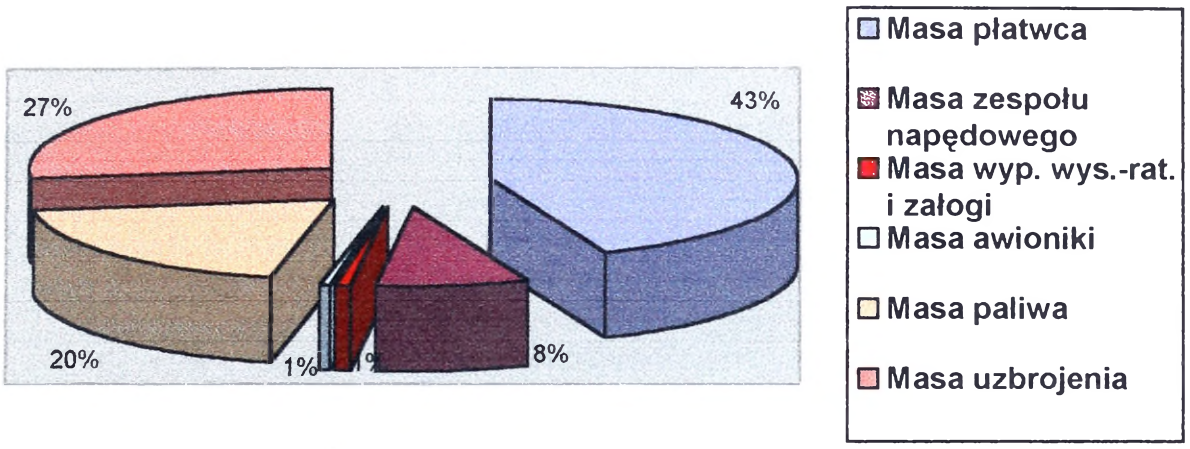
Rys.2.13 Procentowy udział mas składowych samolotu MiG-29M z silnikiem RD-33-K



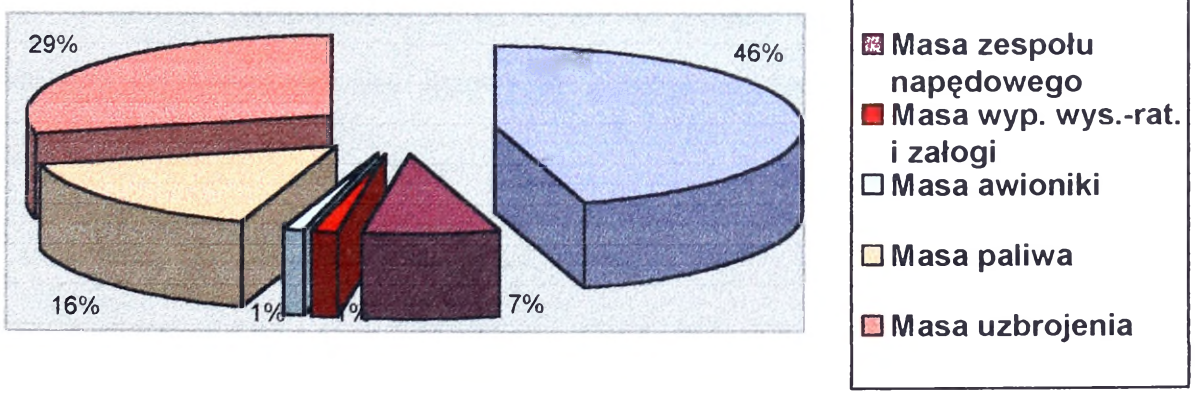
Rys. 2.14. Procentowy udział mas składowych samolotu Su-27 IB



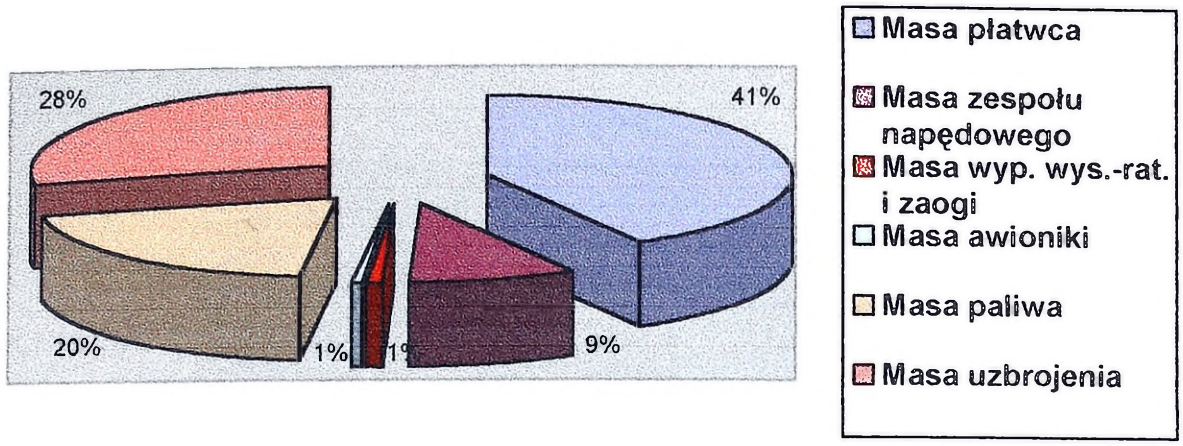
Rys. 2.15. Procentowy udział mas składowych samolotu Mirage 2000-5



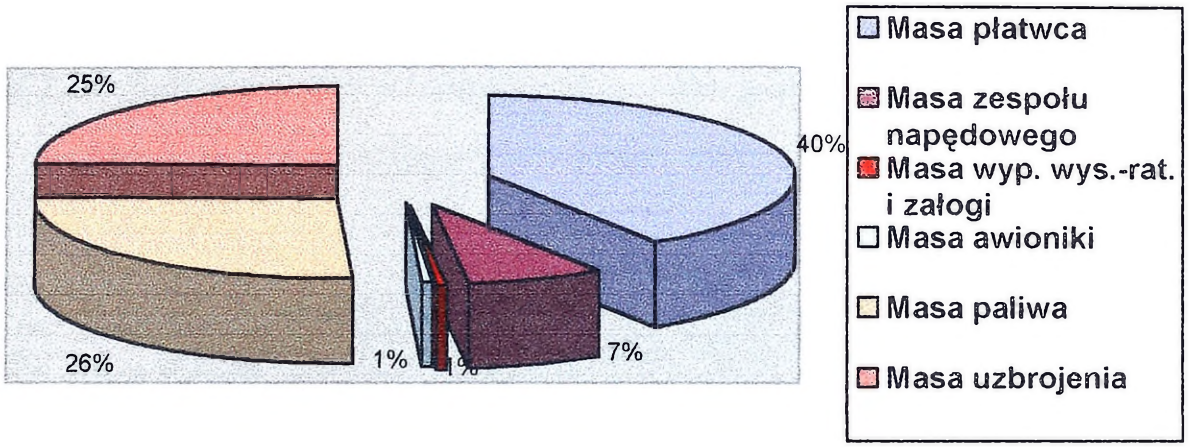
Rys. 2.16. Procentowy udział mas składowych samolotu Rafale



Rys. 2.17. Procentowy udział mas składowych samolotu JAS 39 Gripen

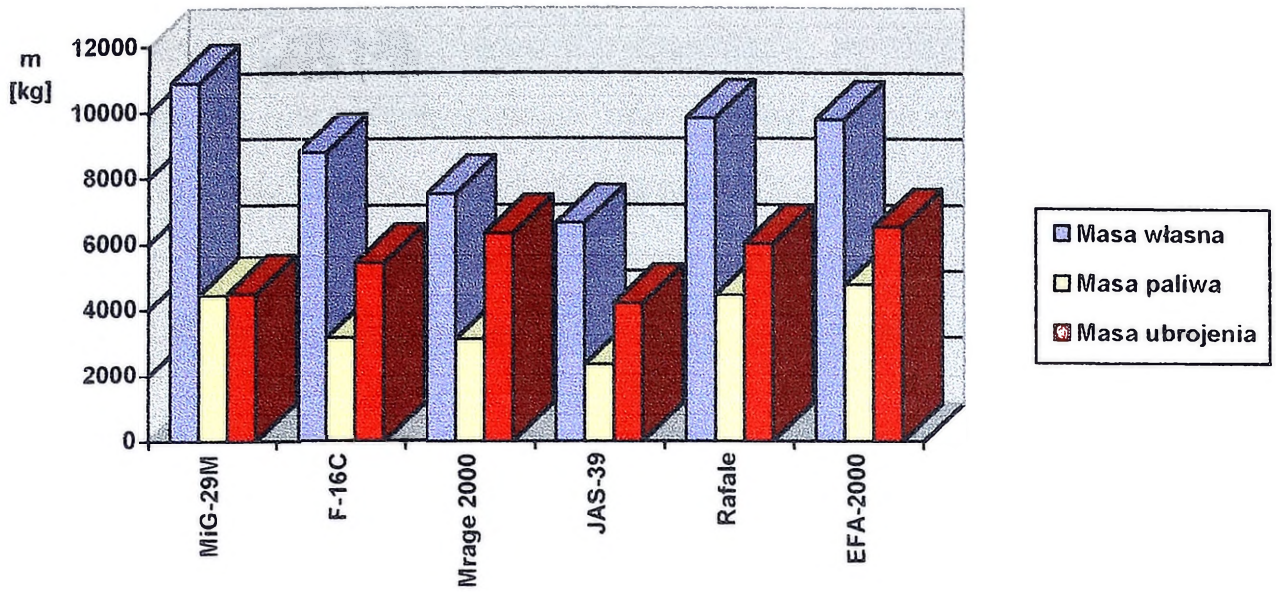


Rys. 2.18. Procentowy udział mas składowych samolotu EFA 2000

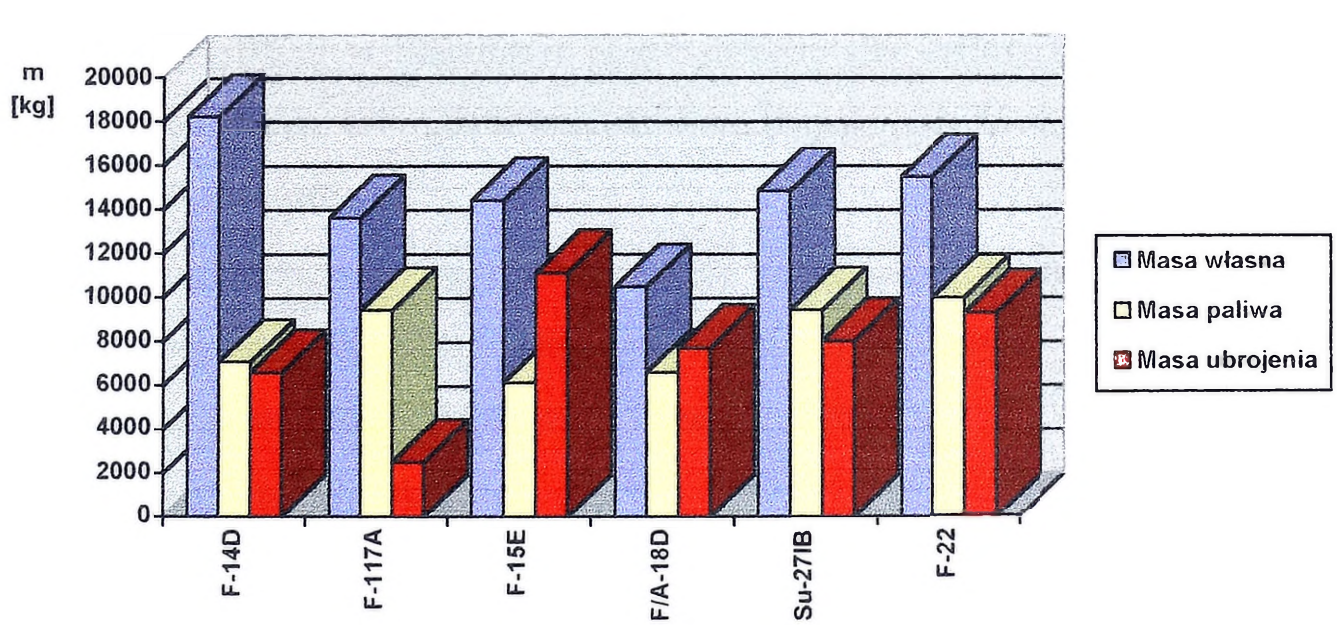


Rys. 2.19. Procentowy udział mas składowych samolotu F-22

W grupie parametrów masowych na uwagę zasługują proporcje w jakich rozkładają się masa własna samolotu i masa użyteczna z rozgraniczeniem mas paliwa i uzbrojenia.



Rys.2.20. Porównanie mas własnych, paliwa i uzbrojenia w grupie lekkich i średnich samolotów podwójnego przeznaczenia[1]



Rys. 2.21. Porównanie mas własnych, paliwa i uzbrojenia w grupie ciężkich samolotów bojowych

[1] Mogących realizować zarówno zadania polegające na zwalczaniu celów powietrznych jak również rażenie obiektów naziemnych (nawodnych).

Wzajemne położenie zespołów samolotu względem siebie oraz ich kształt, wielkość i przeznaczenie określają układ aerodynamiczny samolotu.

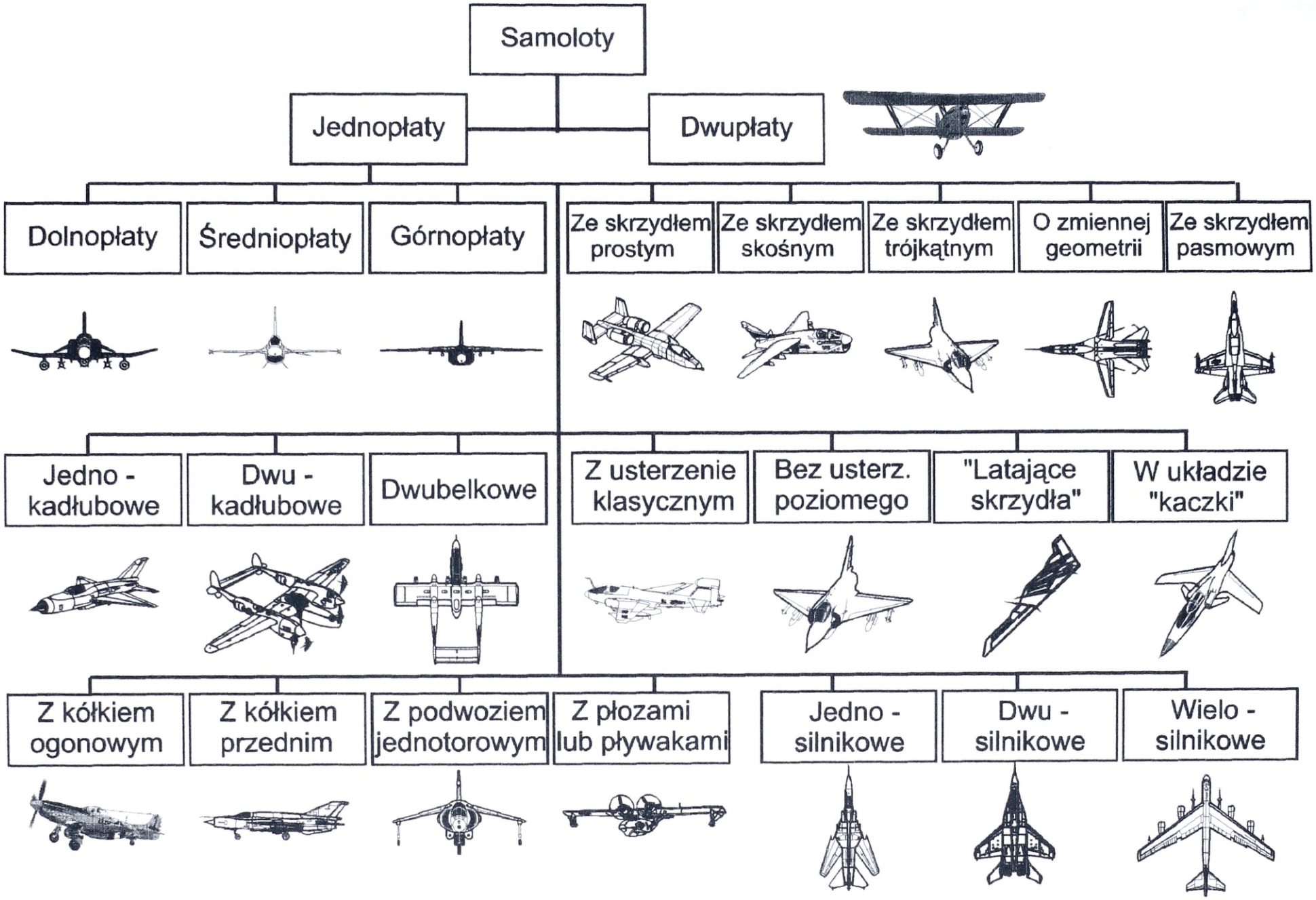
Dobór układu aerodynamicznego oraz kształtów zespołów płatowca zapewnia określone właściwości aerodynamiczne, wytrzymałościowe, ciężarowe, taktyczne, itp. czyli określa właściwości użytkowe samolotu.

Dobór układu aerodynamicznego musi uwzględniać konieczność zapewnienia:

- przewidywanych ze względu na przeznaczenie właściwości lotno-technicznych przy najmniejszym ciągu, ciężarze i gabarytach poprzez najbardziej racjonalny dobór parametrów masowo-geometrycznych i wzajemnego usytuowania poszczególnych zespołów;
- niezbędnej stateczności i sterowności we wszystkich przewidywanych fazach i warunkach lotu;
- wolnych przestrzeni w kadłubie i płacie nośnym dla umieszczenia w nich załogi, wyposażenia, uzbrojenia, ładunku oraz zespołu napędowego (silnika) z konieczną ilością paliwa;
- wymagań dotyczących wytrzymałości i sztywności, technologiczności produkcyjnej, łatwości obsługi i ekonomiczności eksploatacyjnej.

Podstawą klasyfikacji układów aerodynamicznych jest :

- kształt i rozmieszczenie skrzydeł;
- typ kadłuba;
- kształt i rozmieszczenie usterzenia;
- liczba i rozmieszczenie silników.



Rys. 2.22. Klasyfikacja układów aerodynamicznych samolotów

Ocena układu zewnętrznego (parametrów geometrycznych oraz masowych) powinna obejmować:

1. Ocenę aerodynamiczną układu:

– opór czołowy nienośnych części samolotu (opór szkodliwy);

– opór interferencji między poszczególnymi częściami samolotu;

– opór falowy;

– $C_{Z\,max.}$;

2. Ocenę własności eksploatacyjnych i taktycznych:

– obsługę techniczną;

– warunki pracy (działania) załogi;

– własności lotno-taktyczne.

3. Ocenę masy i sztywności konstrukcji:

4. Ocenę technologiczności konstrukcji

– na etapie produkcji;

– podczas obsługi technicznej w okresie eksploatacji samolotu.

lub na podstawie charakterystyk aerodynamicznych:

– $C_Z = f(\alpha)$;

– $C_X = f(\alpha)$;

– $C_m = f(\alpha)$;

– $V = f(\alpha)$;

– $K = f(\alpha)$;

– $C_z^{\alpha} = f(Ma)$;

– $C_x^{\alpha} = f(Ma)$;

– $C_m = f(Ma)$.

Znaczenie parametrów geometrycznych zobrazowano w Tabeli 2.2 a. i 2.2 b.

Tabela 2.2 a

Parametr	Zwiększenie parametru prowadzi do :	
	zalety	Wady
grubość względna $\bar{g}$	– zwiększenie sztywności; – zwiększenie objętości wewnętrznej; – zwiększenie współczynnika $C_{Zmax.}$.	– zwiększenie oporu kształtu i falowego; – zmniejszenie $Ma_{kr.}$.
stosunek grubości u nasady do grubości końcowej skrzydła g_0/g_k	– zmniejszenie ciężaru; – zwiększenie objętości części przykadłubowej.	– zwiększenie tendencji do odrywania strumienia na końcówkach skrzydła; – pogorszenie sterowności poprzecznej samolotu; – zmniejszenie sztywności części końcowej.
wydłużenie λ	– zmniejszenie oporu indukowanego; – zwiększenie długotrwałości i zasięgu lotu przy prędkościach poddźwiękowych.	– zwiększenie ciężaru; – zmniejszenie sztywności ; – pogorszenie manewrowości smolotu; – zmniejszenie długotrwałości i zasięgu lotu przy prędkościach naddźwiękowych; – zmniejszenie $Ma_{kr.}$;
zbieżność dodatnia $\eta>0$	– dociążenie części przykadłubowej i odciążenie części końcowej (zmniejszenie momentu gnącego); – zmniejszenie ciężaru; – zwiększenie sztywności; – zwiększenie współczynnika $C_{Zmax.}$ (gdy $\eta<2,5$); – zwiększenie $\alpha_{kr.}$.	– zwiększenie tendencji do odrywania strumienia na końcach skrzydła; – pogorszenie sterowności poprzecznej; – zmniejszenie współczynnika $C_{Zmax.}$ (gdy $\eta>2,5$).

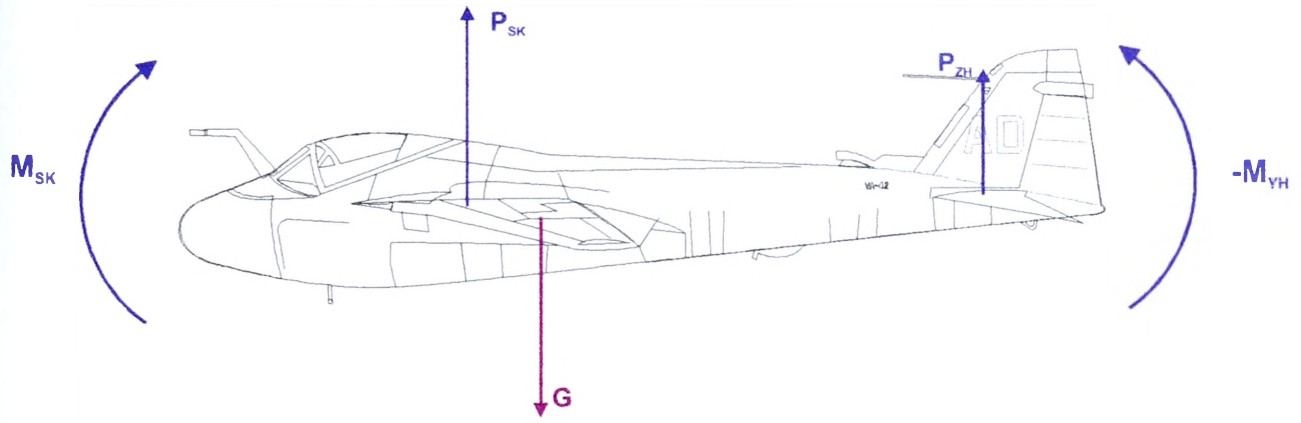
Tabela 2.2 b

zbieżność ujemna $\eta<0$	– zmniejszenie tendencji do odrywania strumienia na końcach skrzydła.	– zwiększenie ciężaru; – zmniejszenie części przykadłubowej; – zwiększenie momentu gnącego (dociążenie części końcowej i odciążenie przykadłubowej).
skos dodatni $\chi>0$	– zwiększenie $Ma_{kr.}$; – zmniejszenie oporu falowego; – wzrost stateczności poprzecznej; – zwiększenie prędkości dywergencji.	– dociążenie części końcowej i odciążenie przykadłubowej; – zmniejszenie sztywności; – zmniejszenie stateczności podłużnej na skutek odkształceń powierzchni nośnych; – zmniejszenie współczynnika $C_{Zmax.}$ i maksymalnej doskonałości; – zmniejszenie prędkości rewersu lotek.
skos ujemny $\chi<0$	– zmniejszenie tendencji do odrywania strumienia na końcach skrzydeł; – dociążenie części przykadłubowej i odciążenie końcowej.	– zmniejszenie prędkości dywergencji;
wznios dodatni $\varphi>0$	– zwiększenie stateczności poprzecznej.	– pogorszenie sterowności poprzecznej.
jednostkowe obciążenie powierzchni skrzydła G/S	– zwiększenie $V_{max.}$; – zmniejszenie ciążaru; – zmniejszenie obciążeń w locie w burzliwej atmosferze.	– zwiększenie $V_{ląd.}$ i $V_{st.}$; – zmniejszenie pułapu; – zmniejszenie manewrowości.

Podstawowe cechy poszczególnych układów aerodynamicznych .

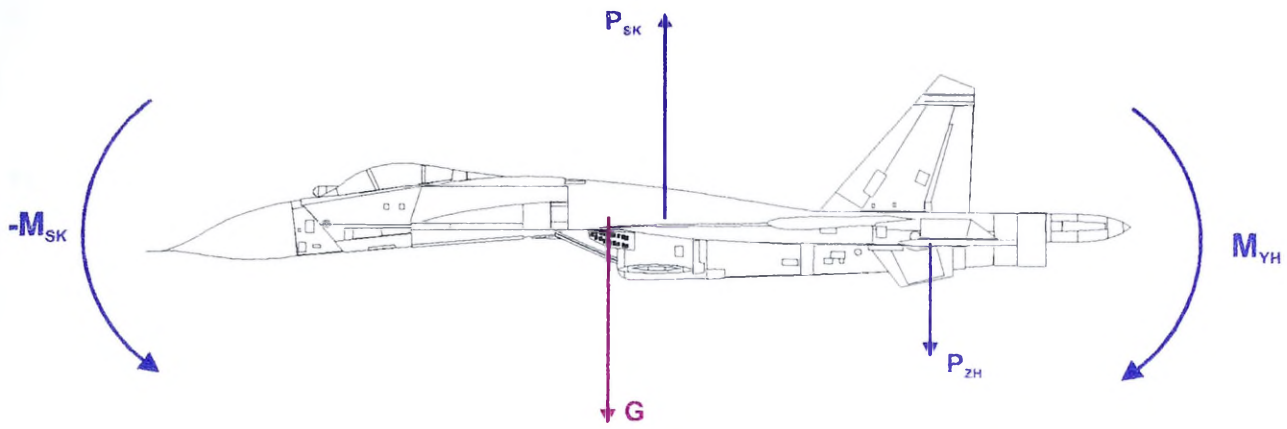
I. Układ klasyczny :

– Z usterzeniem nośnym - dla małych („znacznie poddźwiękowych") prędkości . Układ posiada cechy nadstateczności podłużnej w zakresie małych prędkości. Niewątpliwą zaletą tego układu jest wytwarzanie przez usterzenie poziome znacznej siły nośnej, co pozwala na zmniejszenie powierzchni skrzydła lub jego obciążenia. Niestety, ze względu na ograniczony zakres zmian jej wartości ogranicza sterowność w płaszczyźnie pionowej.



Rys. 2.23. Układ klasyczny z usterzeniem nośnym

– Z usterzeniem nienośnym - przy dużych prędkościach poddźwiękowych i okołodźwiękowych. Stateczność ograniczona jest do określonego wąskiego zakresu prędkości, a w zamian zapewnia dużą czułość sterowania (szybką reakcję samolotu na wychylenie steru) W zakresie prędkości naddźwiękowych ze względu na wędrówkę środka parcia „do tyłu" zwiększa się znacznie moment pochylający, który musi być równoważony większą ujemną wartością siły nośnej „$-P_{Z\,H}$" znacznie obniżając doskonałość aerodynamiczną, co jest dodatkowo potęgowane pojawiającym się oporem falowym $K = \frac{P_Z}{P_X}$.

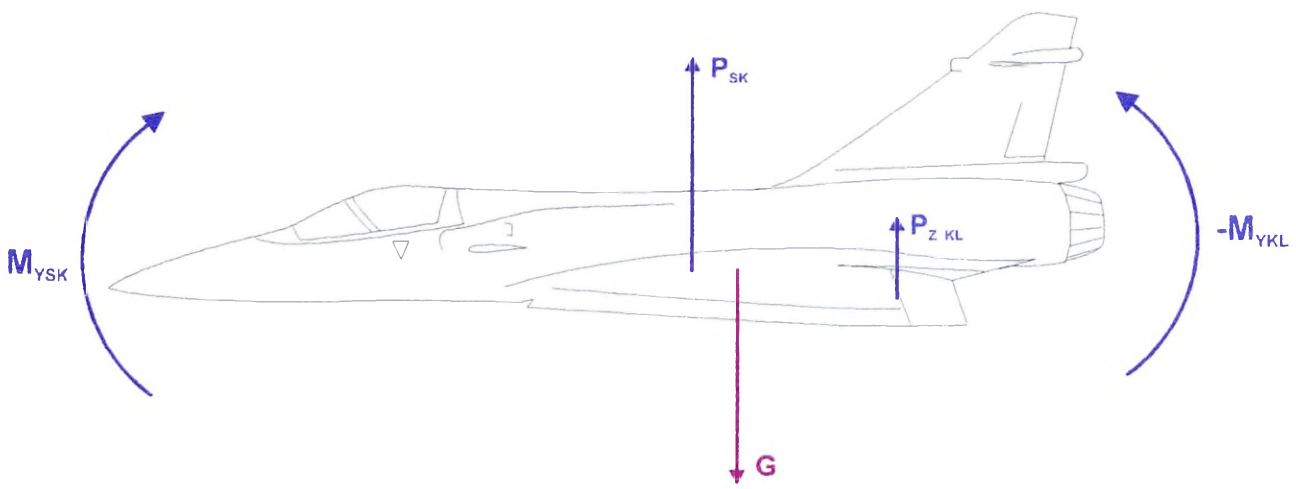


Rys. 2.24. Układ klasyczny z usterzeniem nienośnym

II. Układ bez usterzenia poziomego :

- Sterowność podłużna zapewniona jest sterolotkami.
- Stateczność przez odpowiedni dobór profilu aerodynamicznego.
- Trudno jest wyważyć samolot w szerokim zakresie prędkości i wysokości lotu ze względu na zmniejszającą się znacznie doskonałość aerodynamiczną przy wychyleniu sterolotek o duże kąty.

Przy dużych prędkościach zwłaszcza naddźwiękowych jest najkorzystniejszy .



Rys. 2.25. Układ bez usterzenia poziomego

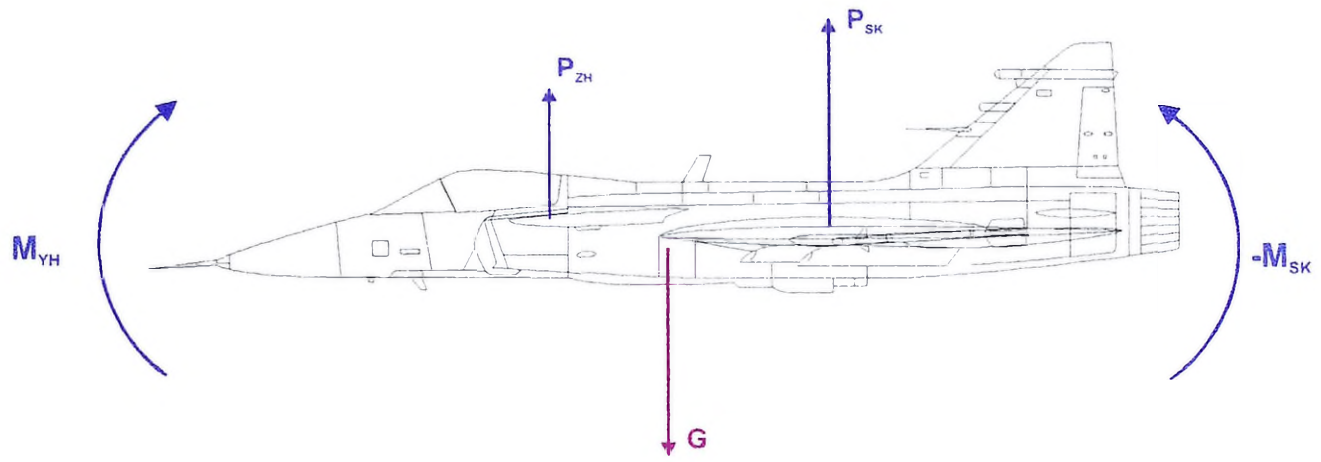
III. Układ „kaczka" :

- Praktycznie we wszystkich zakresach lotu zapewnia siłę nośną o wartości dodatniej a więc dużą doskonałość.
- Usterzenie przednie ze względu na niezaburzony charakter opływu zapewnia większą czułość i skuteczność sterowania, a fakt wcześniejszego osiągania na

nim kątów krytycznych niż na skrzydle poprzez moment pochylający praktycznie uniemożliwia przeciągnięcie i korkociąg samolotu.

Wadami tego układu są:

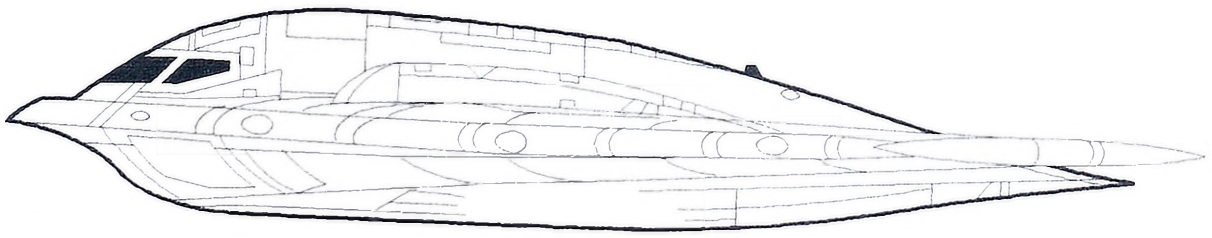
- trudno zapewnić stateczność i sterowność kierunkową;
- trudno zapewnić stateczność podłużną po wychyleniu klap zaskrzydłowych.



Rys. 2.26. Układ „kaczka"

IV.Latające skrzydło :

- znaczne zmniejszenie oporu interferencyjnego;
- mały względny ciężar konstrukcji (ciężar płatowca do ciężaru w locie);
- predestynowany dla samolotów o dużych gabarytach ,
- podatność na wykorzystanie technologii(technik) typu stealth.



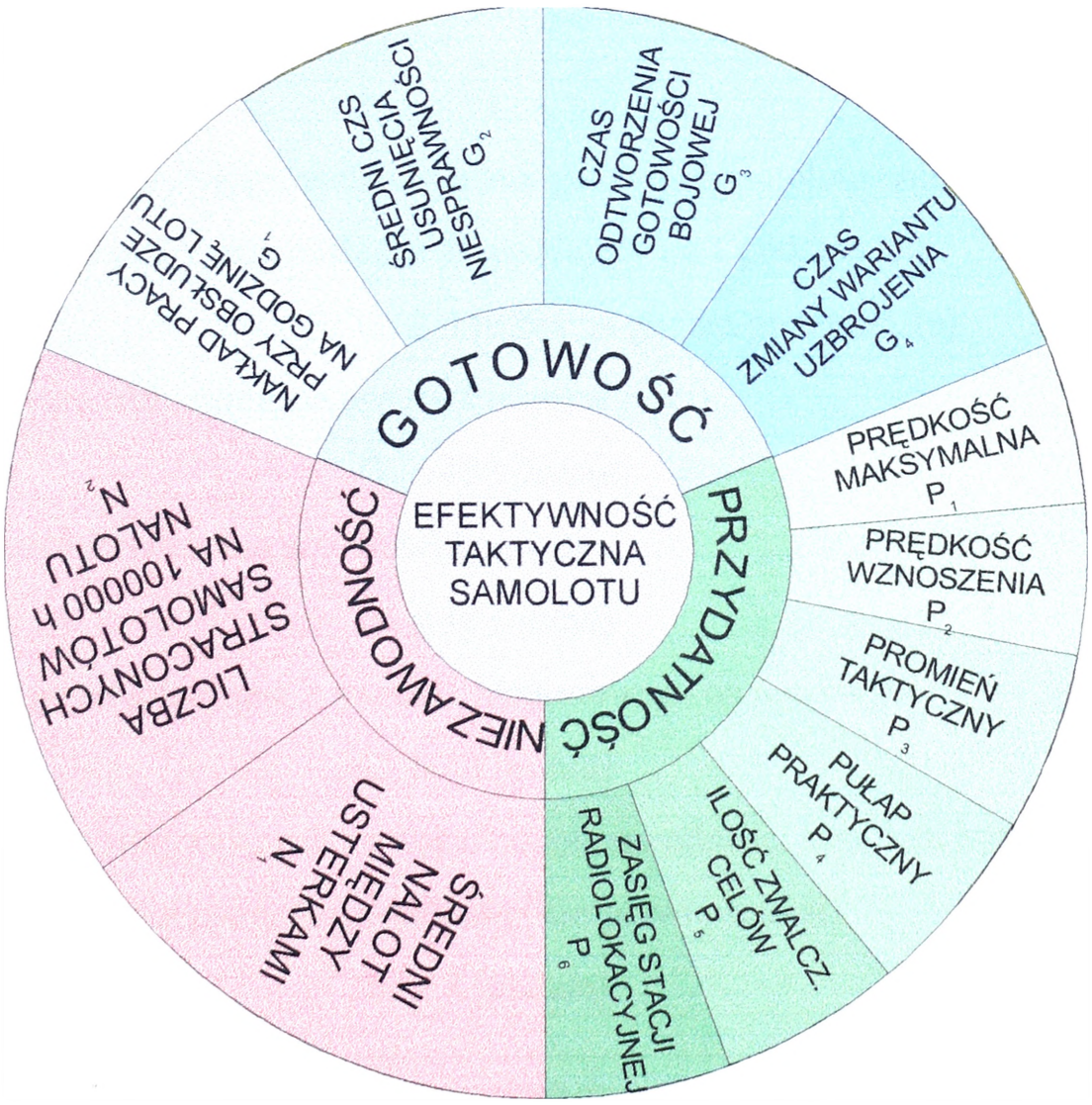
Rys. 2.27.Latające skrzydło

Analizę i ocenę układu aerodynamicznego, mas wyposażenia i uzbrojenia (parametrów masowo-geometrycznych samolotu można znacznie poszerzyć uwzględniając kolejne aspekty. Zadanie to wykracza jednak poza ramy niniejszych pracy.

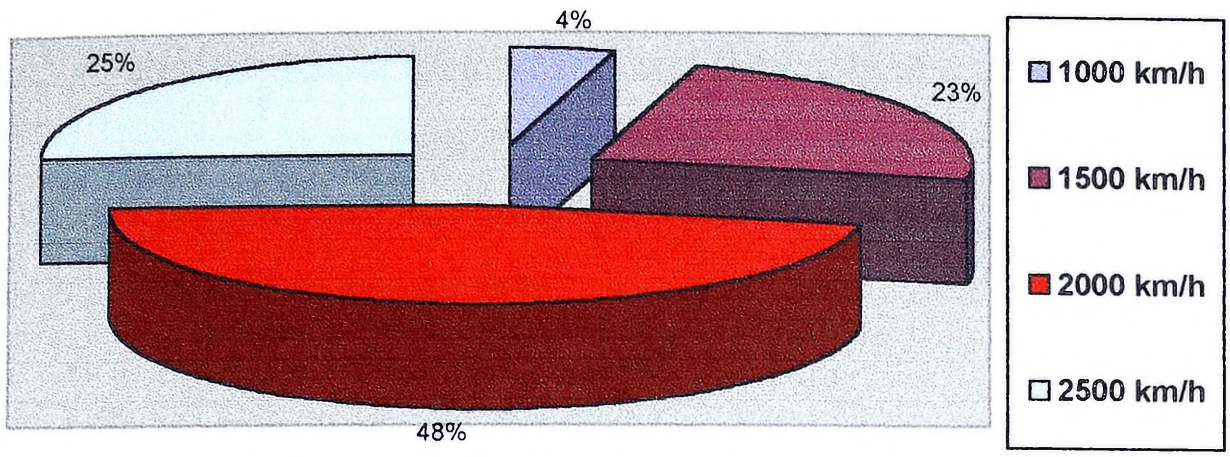
Zwrócić należy uwagę na wynikające z dotychczasowej analizy prawidłowości. Maksymalna masa zabieranych środków bojowych i paliwa, w większości konstrukcji, stanowi bardzo zbliżoną procentowo wartość posiadanej masy własnej. Parametry taktyczno-techniczne samolotów oraz ich własności pilotażowo-eksploatacyjne (sterowność i stateczność) mogą i powinny być kształtowane poprzez optymalizację parametrów geometrycznych (stosowany układ aerodynamiczny). Osiągnięcia w dziedzinie aerodynamiki w najbliższych latach będą kształtować efektywność samolotów.

2.2. Metodyka i kryteria oceny efektywności taktycznej.

Analiza danych statystycznych samolotów obecnie eksploatowanych w zestawieniu z opiniami respondentów uzyskanych w czasie ankietowania, wywiadów prowadzonych wśród pracowników WSOSP, WAT i AON oraz uczestników kursów doskonalenia pilotów i nawigatorów z aerodynamiki, mechaniki lotu i zastosowania techniki bojowej prowadzonych przez autora pozwoliły na uogólnienie ważnych wniosków co do kryteriów[1] oceny efektywności samolotu.



Rys. 2.28. Wstępnie określona struktura czynników determinujących efektywność



Rys. 2.29. Procentowy rozkład opinii ekspertów na temat wartości prędkości maksymalnych[2] podczas realizacji zadania polegającego na zwalczaniu celów powietrznych.

Podczas realizacja zadania taktycznego (bojowego) polegającego na zwalczaniu celów powietrznych pożądanymi są cechy i parametry taktyczno-techniczne :

1. W grupie wpływających na wskaźnik gotowości samolotu bojowego :

   (a) Nakład pracy przy obsłudze przypadający na 1 godzinę lotu

   $$G_1 \leq 5 \text{ [roboczo-godzin/godzinę lotu]}$$

   (b) Średni czas usunięcia awarii (niesprawności)

   $$G_2 \leq 150 \text{ [minut]}$$

   (c) Czas odtworzenia gotowości bojowej

   $$G_3 \leq 10 \text{ [minut]}$$

   (d) Czas przezbrojenia z wariantu szturmowego na myśliwski

   $$G_4 \leq 10 \text{ [minut]}$$

2. W grupie wpływających na wskaźnik niezawodności samolotu bojowego :

   (a) Średni nalot pomiędzy usterkami (niesprawnościami)

   $$N_1 \geq 8 \text{ [godzin]}$$

---

[1] Kryterium (metodolog.) zasada wyznaczająca sposób osądzania czegoś pod względem obecności, braku lub stopnia posiadania pewnych cech, jakości. *Encyklopedia popularna.* PWN. Warszawa 1991, s. 417.

[2] Procentowy rozkład opinii respondentów został przytoczony jako oddający największe zróżnicowanie parametrów poddanych pod ich osąd. Równocześnie autor zdaje sobie sprawę z jego niejednoznacznej wagi dla efektywności taktycznej. Inna jest znaczenie tego parametru dla zadań a 1 i z 2 analizowanej

(b) Liczba utraconych samolotów z przyczyn technicznych w okresie pokoju

$$N_2 \leq 3^1 \text{ [samolotów/100 000 godzin nalotu]}$$

3. W grupie wpływających na wskaźnik przydatności samolotu bojowego :

(a) Prędkość maksymalna samolotu

$$P_1 \approx 2000 \text{ [km/h]}$$

(b) Maksymalna prędkość wznoszenia

$$P_2 \geq 300 \text{ [m/s]}$$

(c) Prędkość minimalna samolotu

$$P_3 \approx 250 \text{ [km/h]}$$

(d) Średni promień taktyczny

$$P_4 \geq 750 \text{ [km]}$$

(e) Pułap praktyczny

$$P_5 \geq 18000 \text{ [m]}$$

(f) Liczba zwalczanych równocześnie celów

$$P_6 \geq 4 \text{ [szt.]}$$

(g) Zasięg stacji radiolokacyjnej przy wykryciu celu o skutecznej powierzchni odbicia (SPO) rzędu 3 m^2

$$P_7 \geq 100 \text{ [km]}$$

4. W grupie wpływających na wskaźnik ekonomiczności samolotu bojowego :

(h) Cena zakupu samolotu

$$C_1 \leq 60 \text{ [mln EUR]}$$

(i) Koszty eksploatacji (np. zużycie paliwa)

$$C_2 \leq 0{,}75 \text{ [kg/daNh]}$$

(j) Jednostkowy koszt infrastruktury i uzbrojenia

$$C_3 \leq 78 \text{ [mln EUR]}$$

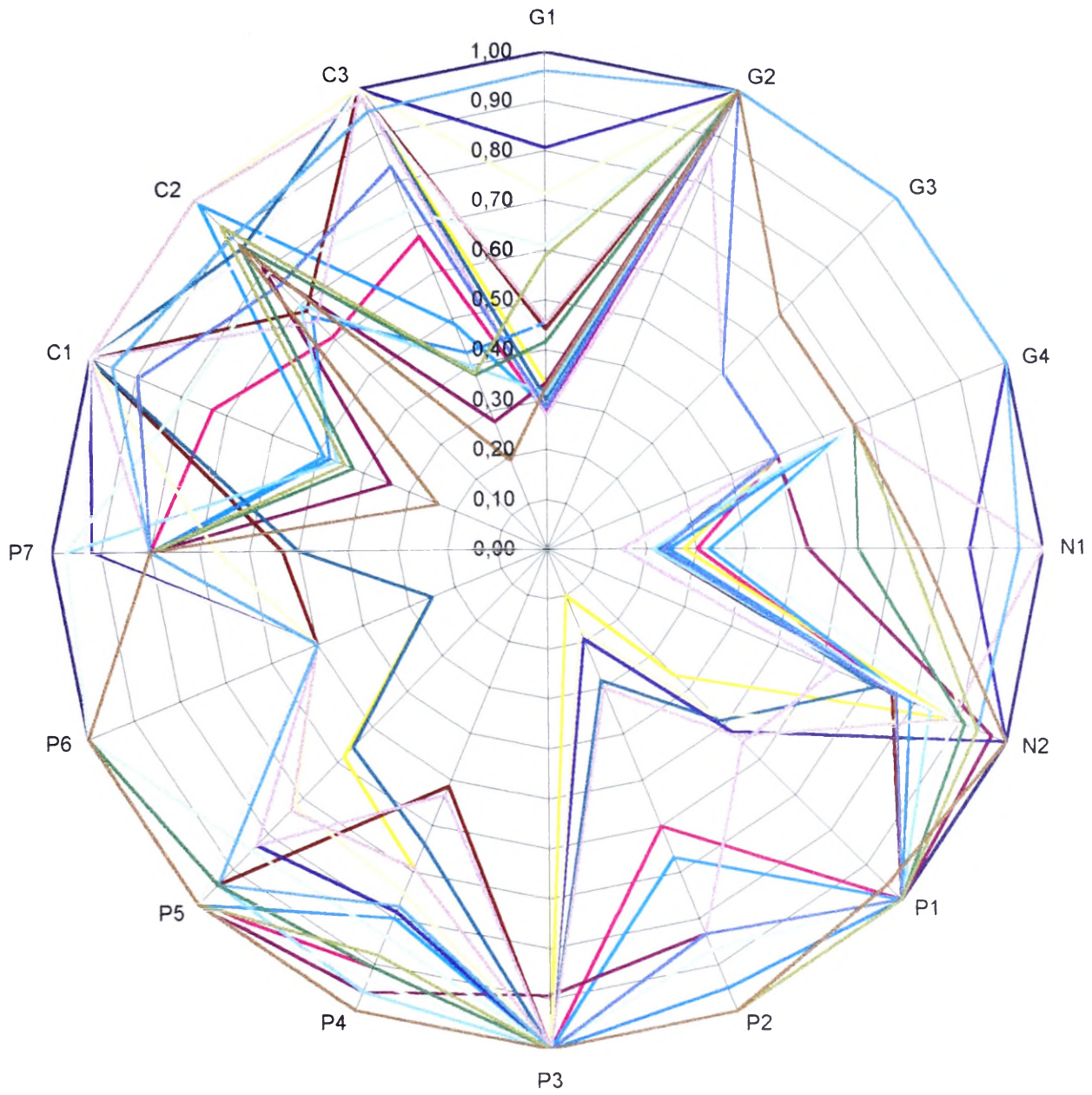
---

grupy. Opinie respondentów wraz z analizą statystyczną branych pod ocenę parametrów posłużyły do określenia wzorce parametrów.

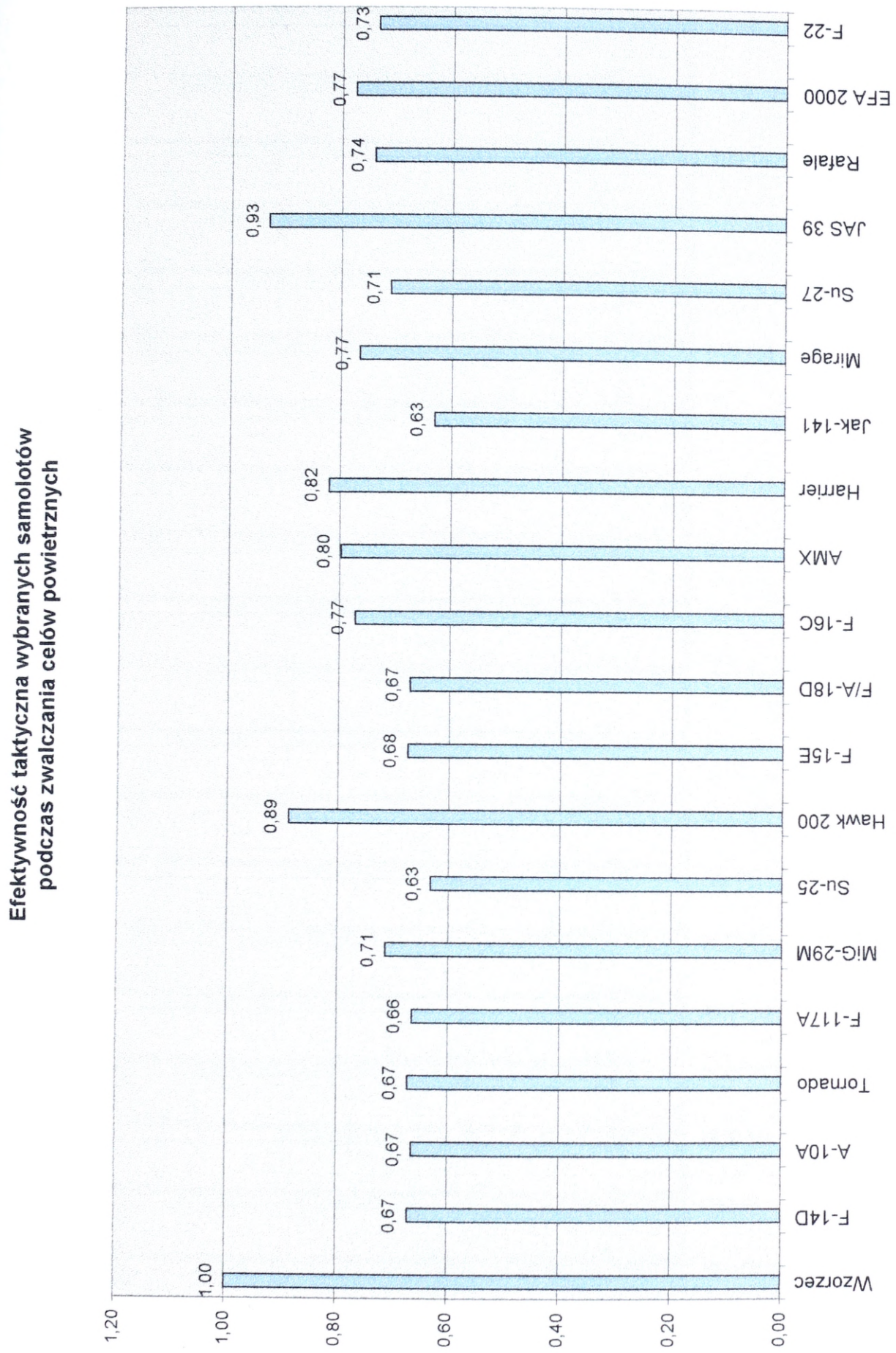
[1] Wartość wskaźnika została przyjęta przez autora na podstawie analizy trendów światowych w oparciu o materiały udostępnionych przez przedstawicieli koncernu Lockheed Martin, L M Tactical Aircraft System : Program F-16 dla Polski.

Tabela 2.3. Wskaźniki efektywności taktycznej podczas zwalczania celów powietrznych

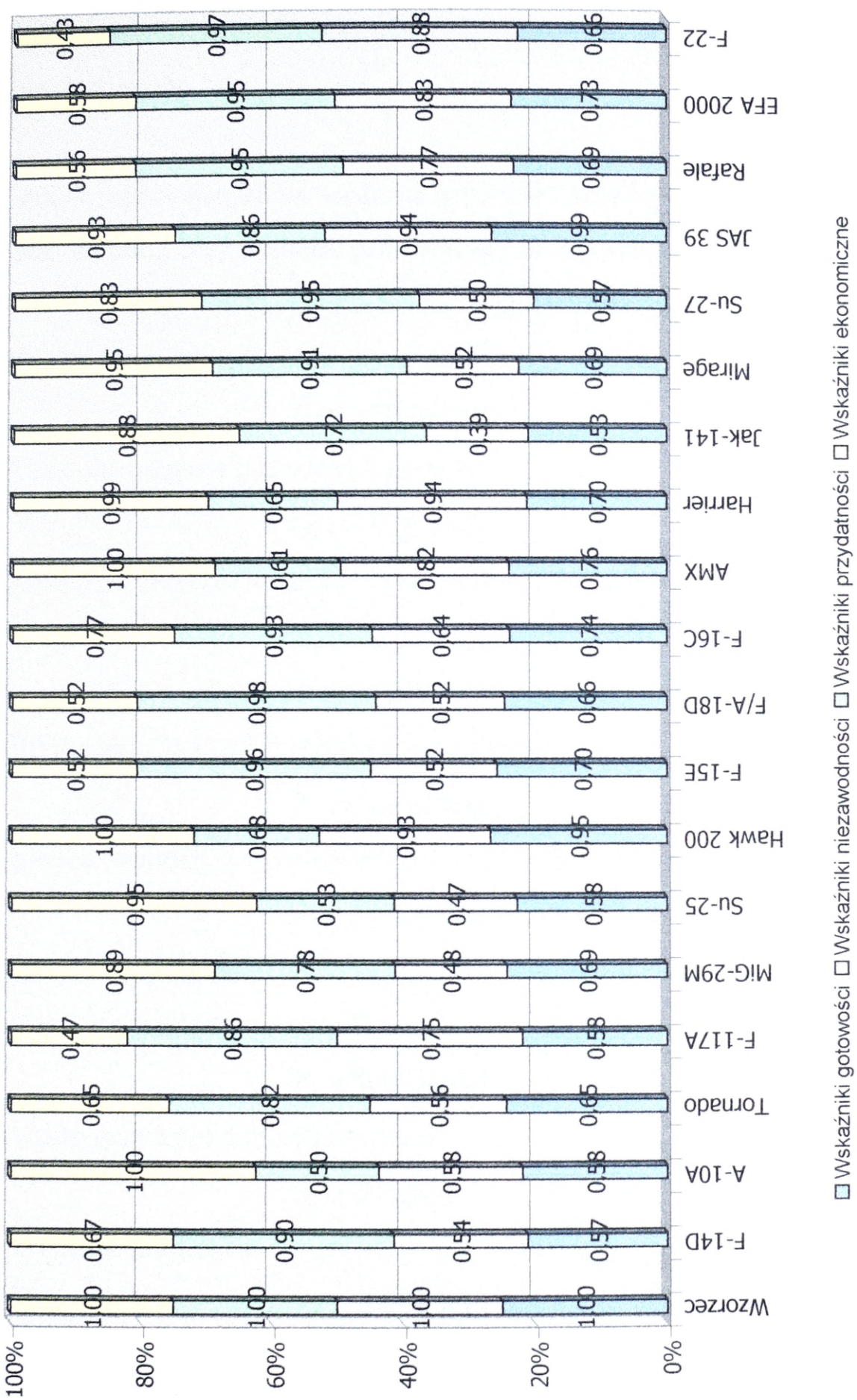
Lp.	Nazwa	Wskaźniki gotowości				Wskaźniki niezawodności		Wskaźniki przydatności							Wskaźniki ekonomiczne		
		nakład pracy/h lotu	czas usunięcia niespr.	czas odtworz.got.	czas przezbrojenia	nalot między usterkami	liczba samolotów utraconych z przycz. tech./100 000 h nalotu	prędkość max.	prędkość pionowa	prędkość minimalna	promień taktyczny	pułap	liczba zwalcz. celów	zasięg stacji r/lok.	cena zakupu [mln.EUR]	koszty ekspl. (np.zuż. paliwa) [kg/daNh]	jednostkowy koszt infrastruktury uzbrojenia [mln.EUR]
		G_1	G_2	G_3	G_4	N_1	N_2	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	C_1	C_2	C_3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	Wzorzec	5,0	150,0	10,0	10,0	8,0	3,0	2000	300	250	750	18000	4	150	60	0,75	78
		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	F-14D	18,2	150,0	20,0	20,0	2,4	*3,8*	2485	180	213	680	20000	4	120	82,1	1,24	114,94
		0,27	1,00	0,50	0,50	0,30	0,79	1,00	0,60	1,00	0,91	1,00	1,00	0,80	0,73	0,61	0,68
2	A-10A	15,0	125,0	20,0	20,0	2,2	*3,4*	720	30	180	520	10500	1	75	52,1	0,61	67,73
		0,33	1,00	0,50	0,50	0,28	0,88	0,36	0,10	1,00	0,69	0,58	0,25	0,50	1,00	1,00	1,00
3	Tornado	17,5	150,0	15,0	15,0	2,6	*3,8*	2330	200	200	600	21300	2	120	123	0,76	160,03
		0,29	1,00	0,67	0,67	0,33	0,79	1,00	0,67	1,00	0,80	1,00	0,50	0,80	0,49	0,99	0,49
4	F-117A	15,0	150,0	20,0	20,0	4,2	*3,1*	2500	250	280	720	18000	2	120	*176*	0,93	281,6
		0,33	1,00	0,50	0,50	0,53	0,97	1,00	0,83	0,89	0,96	1,00	0,50	0,80	0,34	0,81	0,28
5	MiG-29M	11,3	150,0	15,0	15,0	1,7	*4,0*	2445	330	235	385	17000	2	80	38	1,10	38
		0,44	1,00	0,67	0,67	0,21	0,75	1,00	1,00	1,00	0,51	0,94	0,50	0,53	1,00	0,68	1,00
6	Su-25	16,5	130,0	20,0	20,0	1,8	*4,2*	975	85	200	480	10000	1	75	26,8	0,87	34,84
		0,30	1,00	0,50	0,50	0,23	0,71	0,49	0,28	1,00	0,64	0,56	0,25	0,50	1,00	0,86	1,00
7	Hawk 200	6,2	100,0	10,0	10,0	6,8	*3,0*	1037	58	197	590	15000	2	138	7,5	0,63	9,75
		0,81	1,00	1,00	1,00	0,85	1,00	0,52	0,19	1,00	0,79	0,83	0,50	0,92	1,00	1,00	1,00
8	F-15E	11,0	150,0	15,0	15,0	2,0	*3,8*	2700	285	232	750	19200	4	120	126	1,13	183,14
		0,45	1,00	0,67	0,67	0,24	0,79	1,00	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,48	0,67	0,43
9	F/A-18D	16,0	150,0	15,0	15,0	1,7	3,6	2445	300	230	720	17000	4	146	131	1,07	196,5
		0,31	1,00	0,67	0,67	0,21	0,83	1,00	1,00	1,00	0,96	0,94	1,00	0,97	0,46	0,70	0,40
10	F-16C	8,2	150,0	15,0	15,0	2,8	3,2	2145	260	226	630	15240	4	146	75,8	0,95	106,12
		0,61	1,00	0,67	0,67	0,35	0,94	1,00	0,87	1,00	0,84	0,85	1,00	0,97	0,79	0,79	0,74
11	AMX	7,0	100,0	15,0	15,0	5,8	*3,3*	934	52	180	560	13000	2	100	11,0	0,64	14,3
		0,71	1,00	0,67	0,67	0,73	0,91	0,47	0,17	1,00	0,75	0,72	0,50	0,67	1,00	1,00	1,00
12	Harrier	11,0	150,0	15,0	15,0	4,9	*3,4*	1065	90	0	520	13200	2	120	59,2	0,65	79,92
		0,45	1,00	0,67	0,67	1,00	0,88	0,53	0,30	1,00	0,69	0,73	0,50	0,80	1,00	1,00	0,98
13	Jak-141	18,6	175,0	20,0	20,0	1,2	*4,8*	1100	250	0	400	15000	2	120	58,0	1,15	78,3
		0,27	0,86	0,50	0,50	0,15	0,63	0,55	0,83	1,00	0,53	0,83	0,50	0,80	1,00	0,65	1,00
14	Mirage	12,0	150,0	15,0	15,0	1,3	*3,4*	2390	305	185	700	18000	2	140	46,2	0,89	66,99
		0,42	1,00	0,67	0,67	0,16	0,88	1,00	1,00	1,00	0,93	1,00	0,50	0,93	1,00	0,84	1,00
15	Su-27	17,6	150,0	20,0	20,0	1,9	*4,0*	2500	250	230	780	18000	4	120	*67*	0,99	93,8
		0,28	1,00	0,50	0,50	0,23	0,76	1,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,90	0,76	0,83
16	JAS 39	5,2	150,0	10,0	10,0	7,6	*3,2*	2550	300	230	580	17000	2	120	63	0,84	81,9
		0,96	1,00	1,00	1,00	0,95	0,94	1,00	1,00	1,00	0,77	0,94	0,50	0,80	0,95	0,89	0,95
17	Rafale	12,0	150,0	15,0	15,0	5,0	*3,3*	2124	330	209	680	17000	4	120	142	0,86	205,9
		0,42	1,00	0,67	0,67	0,63	0,91	1,00	1,00	1,00	0,91	0,94	1,00	0,80	0,42	0,87	0,38
18	EFA 2000	8,5	150,0	15,0	15,0	5,8	*3,2*	2000	310	220	660	18000	4	120	136	0,81	203,7
		0,59	1,00	0,67	0,67	0,73	0,94	1,00	1,00	1,00	0,88	1,00	1,00	0,80	0,44	0,93	0,38
19	F-22	15,4	150,0	15,0	15,0	6,0	*3,0*	1915	500	235	760	19800	4	120	253	0,86	404,16
		0,32	1,00	0,67	0,67	0,75	1,00	0,96	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,80	0,24	0,87	0,19



Rys. 2.30. Wskaźniki efektywności taktycznej samolotów podczas zwalczania celów powietrznych



Rys. 2.31. Efektywność taktyczna wybranych samolotów podczas zwalczania celów powietrznych



Rys. 2.32. Wpływ wskaźników składowych na efektywność taktyczną wybranych samolotów podczas zwalczania celów powietrznych

Podczas realizacja zadania taktycznego (bojowego) polegającego na zwalczaniu celów naziemnych (nawodnych) pożądanymi są cechy i parametry taktyczno-techniczne :

1. W grupie wpływających na wskaźnik gotowości samolotu bojowego:
   (a) Nakład pracy przy obsłudze przypadający na 1 godzinę lotu

   $$G_1 \leq 5 \text{ [roboczo-godzin/godzinę lotu]}$$

   (b) Średni czas usunięcia awarii (niesprawności)

   $$G_2 \leq 150 \text{ [minut]}$$

   (c) Czas odtworzenia gotowości bojowej

   $$G_3 \leq 10 \text{ [minut]}$$

   (d) Czas przezbrojenia z wariantu myśliwskiego na szturmowy

   $$G_4 \leq 20 \text{ [minut]}$$

2. W grupie wpływających na wskaźnik niezawodności samolotu bojowego :
   (a) Średni nalot pomiędzy usterkami (niesprawnościami)

   $$N_1 \geq 8 \text{ [godzin]}$$

   (b) Liczba utraconych samolotów z przyczyn technicznych w okresie pokoju

   $$N_2 \leq 3 \text{ [samolotów/100 000 godzin nalotu]}$$

3. W grupie wpływających na wskaźnik przydatności samolotu bojowego :
   (a) Prędkość maksymalna samolotu

   $$P_1 \approx 900 \text{ [km/h]}$$

   (b) Maksymalna prędkość wznoszenia

   $$P_2 \geq 60 \text{ [m/s]}$$

   (c) Prędkość minimalna

   $$P_3 \leq 200 \text{ [km/h]}$$

   (d) Średni promień taktyczny

   $$P_4 \geq 500 \text{ [km]}$$

   (e) Udźwig środków bojowych

   $$P_5 \geq 4000 \text{ [kg]}$$

(f) Liczba zwalczanych celów

$$P_6 \geq 8 \text{ [szt.]}$$

(g) Skuteczna powierzchnia odbicia (SPO)

$$P_7 \leq 3 \text{ [m}^2\text{]}$$

4. W grupie wpływających na wskaźnik ekonomiczności samolotu bojowego :

(k) Cena zakupu samolotu

$$C_1 \leq 60 \text{ [mln EUR]}$$

(l) Koszty eksploatacji (np. zużycie paliwa)

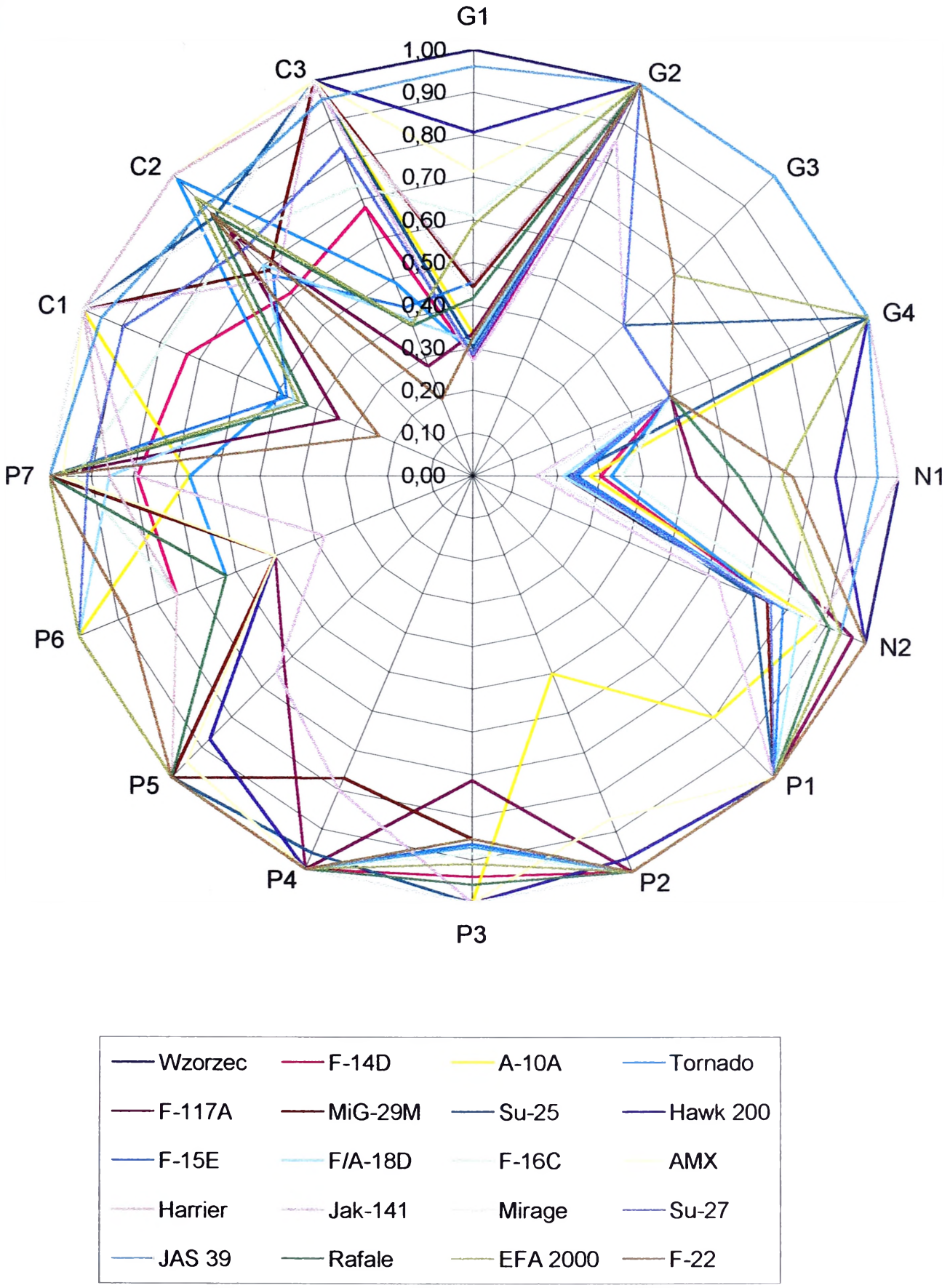
$$C_2 \leq 0{,}75 \text{ [kg/daNh]}$$

(m) Jednostkowy koszt infrastruktury i uzbrojenia

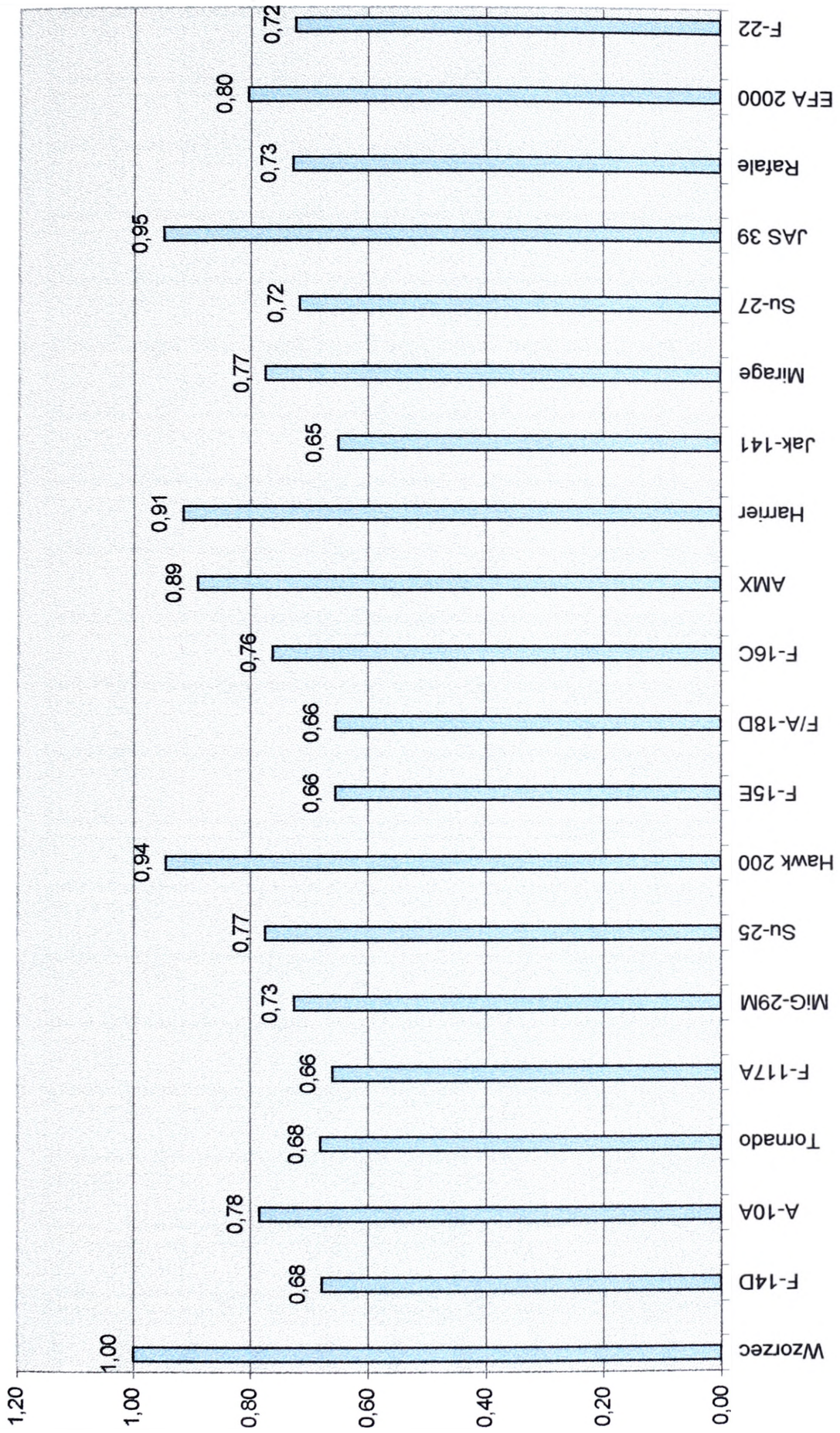
$$C_3 \leq 78 \text{ [mln EUR]}$$

Tabela 2.4. Wskaźniki efektywności taktycznej podczas zwalczania celów naziemnych (nawodnych)

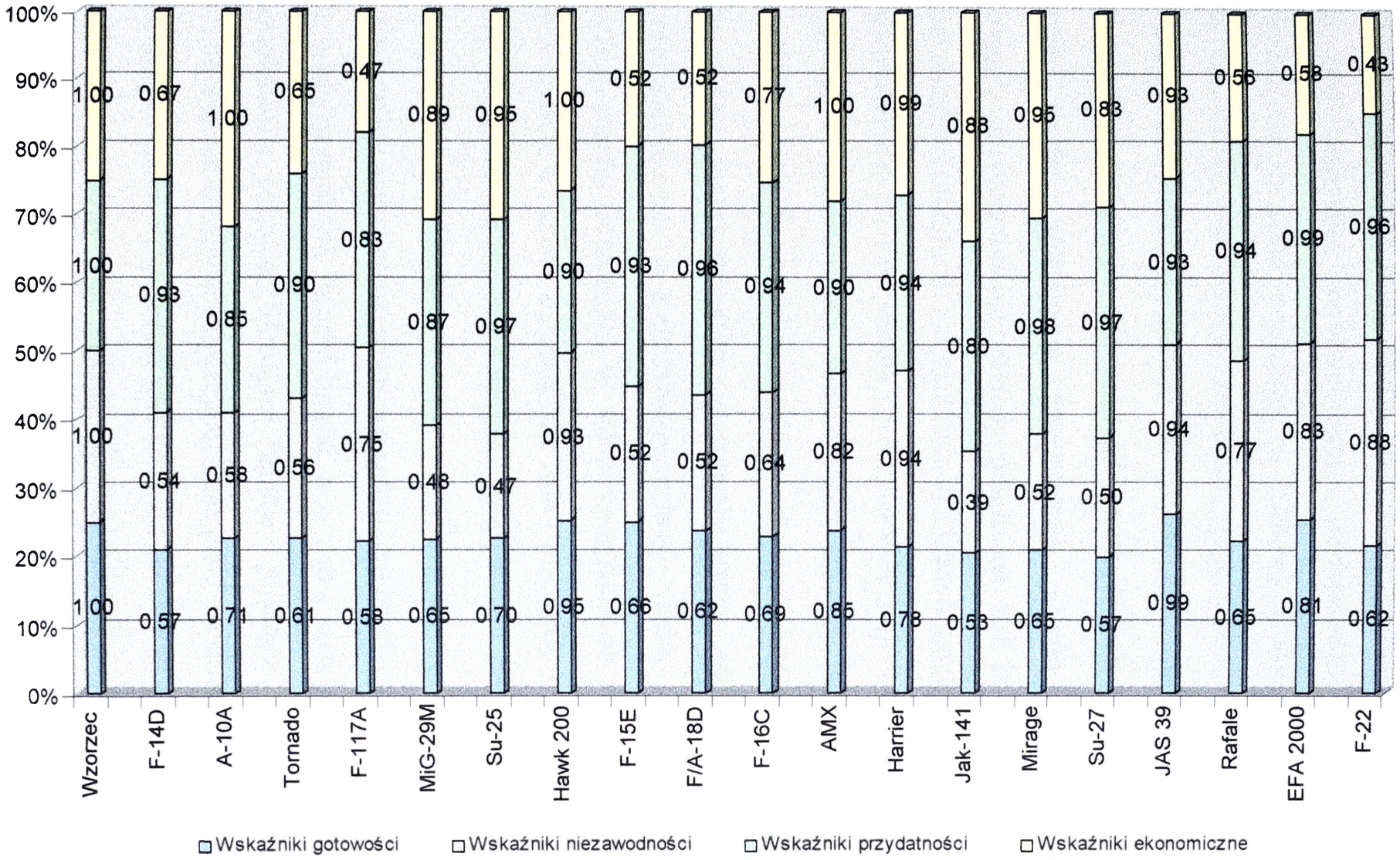
Lp.	Nazwa	Wskaźniki gotowości				Wskaźniki niezawodności		Wskaźniki przydatności							Wskaźniki ekonomiczne		
		nakład pracy/h lotu	czas usunięcia niespr.	czas odtworz.got.	czas przezbrojenia	nalot między usterkami	liczba samolotów utraconych z przycz. tech./100 000 h nalotu	prędkość max.	prędkość pionowa	prędkość minimalna	promień taktyczny	udźwi środków boj.	liczba zwalcz. celów	skuteczna pow. odbicia [SPO]	cena zakupu [mln.EUR]	koszty ekspl. (np.zuż. paliwa) [kg/daNh]	jednostkowy koszt infrastruktury uzbrojenia [mln.EUR]
		G_1	G_2	G_3	G_4	N_1	N_2	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	C_1	C_2	C3
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
0	Wzorzec	5,0	150,0	10,0	20,0	8,0	3,0	900	60	200	500	4000	8	3,00	60	0,75	78
		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	F-14D	18,2	150,0	20,0	40,0	2,4	*3,8*	2485	180	213	680	6575	6	3,80	82,1	1,24	114,94
		0,27	1,00	0,50	0,50	0,30	0,79	1,00	1,00	0,94	1,00	1,00	0,75	0,79	0,73	0,61	0,68
2	A-10A	15,0	125,0	20,0	20,0	2,2	*3,4*	720	30	180	520	7250	9	4,50	52,1	0,61	67,73
		0,33	1,00	0,50	1,00	0,28	0,88	0,80	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,67	1,00	1,00	1,00
3	Tornado	17,5	150,0	15,0	40,0	2,6	*3,8*	2330	200	200	600	8500	5	4,50	123	0,76	160,03
		0,29	1,00	0,67	0,50	0,33	0,79	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,63	0,67	0,49	0,99	0,49
4	F-117A	15,0	150,0	20,0	40,0	4,2	*3,1*	2500	250	280	720	2500	4	0,03	*176*	0,93	281,6
		0,33	1,00	0,50	0,50	0,53	0,97	1,00	1,00	0,71	1,00	0,63	0,50	1,00	0,34	0,81	0,28
5	MiG-29M	11,3	150,0	15,0	40,0	1,7	*4,0*	2445	330	235	385	4500	4	3,00	38	1,10	38
		0,44	1,00	0,67	0,50	0,21	0,75	1,00	1,00	0,85	0,77	1,00	0,50	1,00	1,00	0,68	1,00
6	Su-25	16,5	130,0	20,0	20,0	1,8	*4,2*	975	85	200	480	5000	8	3,50	26,8	0,87	34,84
		0,30	1,00	0,50	1,00	0,23	0,71	1,00	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00	0,86	1,00	0,86	1,00
7	Hawk 200	6,2	100,0	10,0	20,0	6,8	*3,0*	1037	58	197	590	3493	4	3,1	7,5	0,63	9,75
		0,81	1,00	1,00	1,00	0,85	1,00	1,00	0,97	1,00	1,00	0,87	0,50	0,97	1,00	1,00	1,00
8	F-15E	11,0	150,0	15,0	40,0	2,0	*3,8*	2700	285	232	750	11100	5	3,00	126	1,13	183,14
		0,45	1,00	0,67	0,50	0,24	0,79	1,00	1,00	0,86	1,00	1,00	0,63	1,00	0,48	0,67	0,43
9	F/A-18D	16,0	150,0	15,0	40,0	1,7	3,6	2445	300	230	720	7700	8	3,5	131	1,07	196,5
		0,31	1,00	0,67	0,50	0,21	0,83	1,00	1,00	0,87	1,00	1,00	1,00	0,86	0,46	0,70	0,40
10	F-16C	8,2	150,0	15,0	40,0	2,8	3,2	2145	260	226	630	5440	6	3,20	75,8	0,95	106,12
		0,61	1,00	0,67	0,50	0,35	0,94	1,00	1,00	0,88	1,00	1,00	0,75	0,94	0,79	0,79	0,74
11	AMX	7,0	100,0	15,0	20,0	5,8	*3,3*	934	52	180	560	3800	4	3,10	11,0	0,64	14,3
		0,71	1,00	0,67	1,00	0,73	0,91	1,00	0,87	1,00	1,00	0,95	0,50	0,97	1,00	1,00	1,00
12	Harrier	11,0	150,0	15,0	20,0	4,9	*3,4*	1065	90	0	520	6000	6	3,50	59,2	0,65	79,92
		0,45	1,00	0,67	1,00	1,00	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,75	0,86	1,00	1,00	0,98
13	Jak-141	18,6	175,0	20,0	40,0	1,2	*4,8*	1100	250	0	400	2600	3	3,80	58,0	1,15	78,3
		0,27	0,86	0,50	0,50	0,15	0,63	1,00	1,00	1,00	0,80	0,65	0,38	0,79	1,00	0,65	1,00
14	Mirage	12,0	150,0	15,0	40,0	1,3	*3,4*	2390	305	185	700	6300	7	3,00	46,2	0,89	66,99
		0,42	1,00	0,67	0,50	0,16	0,88	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,88	1,00	1,00	0,84	1,00
15	Su-27	17,6	150,0	20,0	40,0	1,9	*4,0*	2500	250	230	780	8000	8	3,30	*67*	0,99	93,8
		0,28	1,00	0,50	0,50	0,23	0,76	1,00	1,00	0,87	1,00	1,00	1,00	0,91	0,90	0,76	0,83
16	JAS 39	5,2	150,0	10,0	20,0	7,6	*3,2*	2550	300	230	580	4200	5	2,50	63	0,84	81,9
		0,96	1,00	1,00	1,00	0,95	0,94	1,00	1,00	0,87	1,00	1,00	0,63	1,00	0,95	0,89	0,95
17	Rafale	12,0	150,0	15,0	40,0	5,0	*3,3*	2124	330	209	680	6000	5	2,00	142	0,86	205,9
		0,42	1,00	0,67	0,50	0,63	0,91	1,00	1,00	0,96	1,00	1,00	0,63	1,00	0,42	0,87	0,38
18	EFA 2000	8,5	150,0	15,0	20,0	5,8	*3,2*	2000	310	220	660	6500	9	1,20	136	0,81	203,7
		0,59	1,00	0,67	1,00	0,73	0,94	1,00	1,00	0,91	1,00	1,00	1,00	1,00	0,44	0,93	0,38
19	F-22	15,4	150,0	15,0	40,0	6,0	*3,0*	1915	500	235	760	9280	7	0,03	253	0,86	404,16
		0,32	1,00	0,67	0,50	0,75	1,00	1,00	1,00	0,85	1,00	1,00	0,88	1,00	0,24	0,87	0,19



Rys. 2.33. Wskaźniki efektywności taktycznej samolotów podczas zwalczania obiektów naziemnych (nawodnych)



Rys. 2.34. Efektywność taktyczna wybranych samolotów podczas zwalczania obiektów naziemnych (nawodnych)



Rys. 2.35. Wpływ wskaźników składowych na efektywność taktyczną wybranych samolotów podczas zwalczania obiektów naziemnych (nawodnych)

Określone przez autora wzorce parametrów pożądanych pozwalają na wyznaczenie względnych wskaźników efektywności taktycznej. Autor uważa, że nie jest celowym porównywanie parametrów do najwyższych (najkorzystniejszych) jakie występują w badanej grupie samolotów. Takie podejście do oceny nie byłoby rzetelnym, gdyż jeśli parametr niższy jest wystarczający do realizacji zadania to został podczas badań za pomocą względnego wskaźnika równego jedności podobnie jak ten, który k-krotnie przewyższa wartość niezbędną (wzorcową). Ocena prowadzona przy wykorzystaniu zaprezentowanej metody obarczona jest pewnymi błędami. W dostępnej autorowi literaturze i w materiałach z trudem pozyskiwanych w trakcie badań od przedstawicieli koncernów lotniczych występuje wiele nieścisłości. Nie wynikają one z niestaranności autorów lecz celowej polityki informacyjnej producentów. Wiele danych i parametrów okrytych jest ścisłą tajemnicą. W związku z tym parametry, które w sposób rażący odbiegały od realnych możliwości określonych na podstawie posiadanej wiedzy technicznej i analizy statystycznej zostały odrzucone. W takich przypadkach autor oszacował ich wartość w oparciu o metody statystyczne. Autor ma pełną świadomość, że nawet wskaźniki ekonomiczne (np. cena zakupu) mogą zostać zakwestionowane przez prowadzących podobne badania.

Nie istnieje stała i rzeczywista cena samolotu bojowego. Na cenę samolotu wpływa wiele czynników. Handel bronią, a w tym i samolotami bojowymi jest podporządkowany polityce. Silniejsze państwa próbując uzależnić od siebie słabsze i nie każdemu nabywcy dyktują tą samą cenę często stawiając inne oprócz finansowych warunki. Przykładem jest kontrakt na dostawę partii samolotów F-16 dla Pakistanu. Partię tych maszyn Pakistan zakupił w USA płacąc znaczną sumę jako zaliczkę. Do realizacji kontraktu jednak nie doszło, gdyż dostawa gotowych do odbioru samolotów została uzależniona od wstrzymania prac nad pakistańską bronią jądrową. W efekcie tego „pakistańskie" samoloty stały przez kilka lat na lotnisku fabrycznym w Fort Worth. Często zdarza się również

(szczególnie gdy chodzi o pozyskanie nowego rynku zbytu), że samoloty są darowane lub sprzedawane po bardzo niskiej cenie i odbiorca wciągany jest stopniowo w strefę wpływów „darczyńcy". Podobną metodę próbowała zastosować firma Lockheed Martin proponując Polsce nieodpłatne przekazania siedmiu samolotów F-16.[1] Innym przykładem powiązań polityki i zakupów uzbrojenia godnym przytoczenia jest śmiałe i twarde postawienie warunków przez Turcję, które zaowocowało korzystnym kontraktem na licencyjną produkcję samolotów F-16.

W ramach reklamy produktów oraz walki o zamówienia w katalogach firmowych podawane są wartości osiągów takie jak: prędkość maksymalna, promień taktyczny w konfiguracji gładkiej lub z minimalną ilością uzbrojenia, które są niemożliwe do osiągnięcia przez samolot maksymalnym udźwigiem środków bojowych. Są to przyczyny mogące narazić autora na zarzut nierzetelności.

Osobny problem to ocena efektywnosci taktycznej w oparciu o analizę możliwości manewrowych współczesnych samolotów. Autor nie jest wstanie uwzględnić wszystkich czynników wpływających na szeroko rozumianą manewrowość. Ocena wpływu parametrów masowo-geometrycznych na wskaźniki manewrowości została przytoczona w rozdziale 2.3. Wpływ innych czynników wykracza poza ramy niniejszej rozprawy. Uwagi na ich temat należy traktować jako wskazanie kierunku dalszych badań nad problematyką efektywności taktycznej.

---

[1] Autor nie ocenia tego faktu negatywnie, z uwagi na interesującą propozycję równoczesnego udziału w programie JSF. Brak możliwości oceny skutków uczestnictwa w nim zmusza do przytoczenia tego faktu jedynie jako interesującego przykładu.

Wskaźniki efektywności taktycznej są odzwierciedleniem przyjętej na etapie projektowania preferencji jednego wariantu samolotu nad drugim i przesądza to dobór układu konstrukcyjnego, aerodynamicznego i danych taktyczno-technicznych samolotu. Ocena efektywności taktycznej (utożsamianej często z jakością) na podstawie rozpatrzonych kryteriów (wskaźników) osiąga na ogół swoją najlepszą wartość dla jednego konkretnego zadania. Podczas wykonywania innych zadań bojowych samoloty wykazują spadek efektywności w stosunku do wartości maksymalnej. Zmniejszenie efektywności, które charakteryzuje wielozadaniowość (jego uniwersalność) odczuwalne jest szczególnie podczas wykorzystywania samolotu do wykonywania jednego rodzaju zadań.

Wzrost ilości zadań realizowanych z najmniejszym oczekiwanym prawdopodobieństwem[1] ich wykonania zdaniem autora należy uznać za wzrost jego efektywności. Optymalizacja parametrów samolotu przeznaczonego do wykonywania pewnego zbioru zadań bojowych (wielozadaniowych) nie może być prowadzona w sposób sprawdzony przy ocenie samolotu wykonującego jeden typ zadań bojowych.

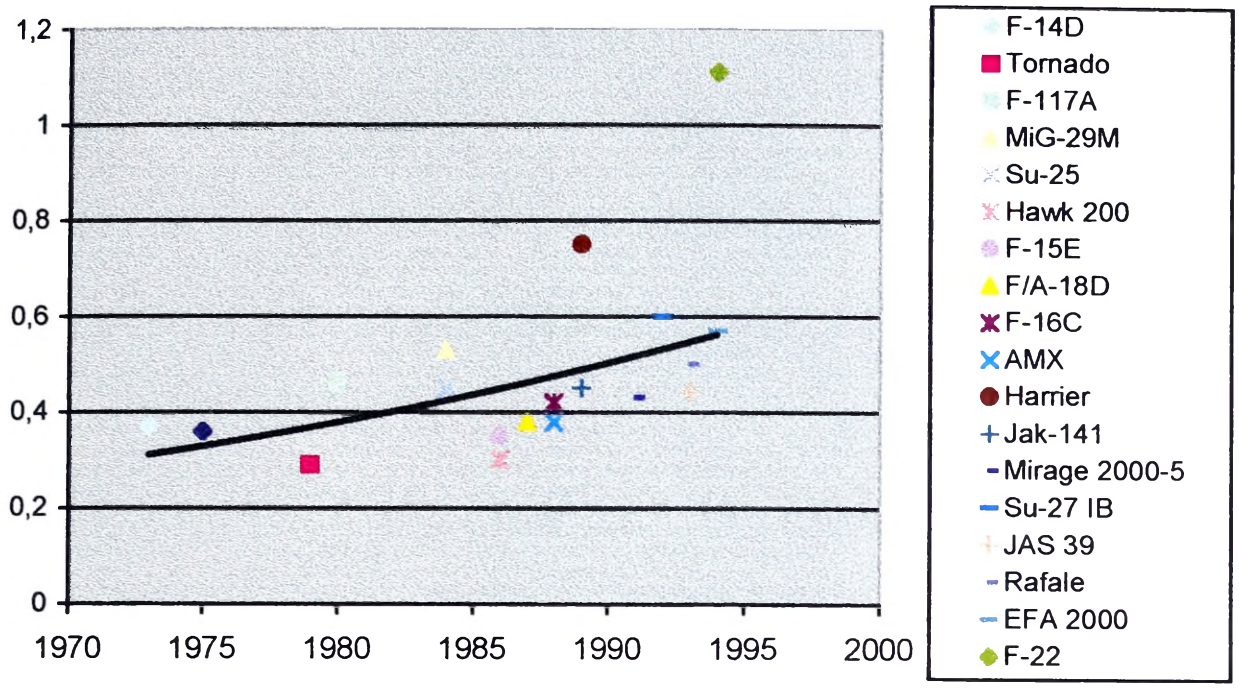
[1] Przykładowo według standardów przyjętych w NATO prawdopodobieństwo to nie powinno być niższe niż 0,8.

2.3. Związki kryteriów efektywnościowych z parametrami masowo-geometrycznymi

W czasie walki powietrznej (szczególnie na bliskie odległości) oraz podczas zwalczania celów naziemnych (nawodnych) na pierwszy plan wysuwają się takie parametry jak: manewrowość samolotu i jego uzbrojenie (manewr plus ogień) które są czynnikami decydującymi o wykonaniu zadania bojowego. Manewrowość jest rozumiana jako zdolność do szybkiej zmiany warunków lotu i położenia w przestrzeni (np.: prędkości, wysokości czy kierunku lotu). Na podstawie przeprowadzonej analizy pojęcia możliwości manewrowych samolotów wytypowane zostały podstawowe parametry (będące pochodna parametrów masowo-geometrycznych) decydujące o możliwościach manewrowych samolotu.

Ciąg jednostkowy samolotu n_k jest stosunkiem ciągu zespołu napędowego do masy (również ciężaru) samolotu. Obydwa parametry mają znaczny wpływ na osiągi samolotu, głównie na rozwijane prędkości.

Ciąg jednostkowy samolotu charakteryzuje względny poziom energii zainstalowanego zespołu napędowego tzn. możliwości energetyczne samolotu zapewniające uzyskiwanie określonych osiągów, zwłaszcza prędkości.. Samolot dysponujący większym ciągiem jednostkowym będzie miał przewagę w manewrach wykonywanych w płaszczyznach pionowych i skośnych. Współczesne samoloty myśliwskie mają ciągi jednostkowe rzędu 0,6...0,8daN/kg, a z dopalaniem - większe od jedności. W konfiguracjach samolotów startujących do akcji „czysto" myśliwskich (przy ograniczonych masach środków bojowych np. z dwoma pociskami rakietowymi i pozostałością paliwa 60% w zbiornikach wewnętrznych) parametr ten wzrasta o około 15...20%.



Rys.2.36. Zmiana ciągu jednostkowego samolotu (decydującego o manewrowości w płaszczyźnie poziomej) w zależności od daty wprowadzenia do eksploatacji

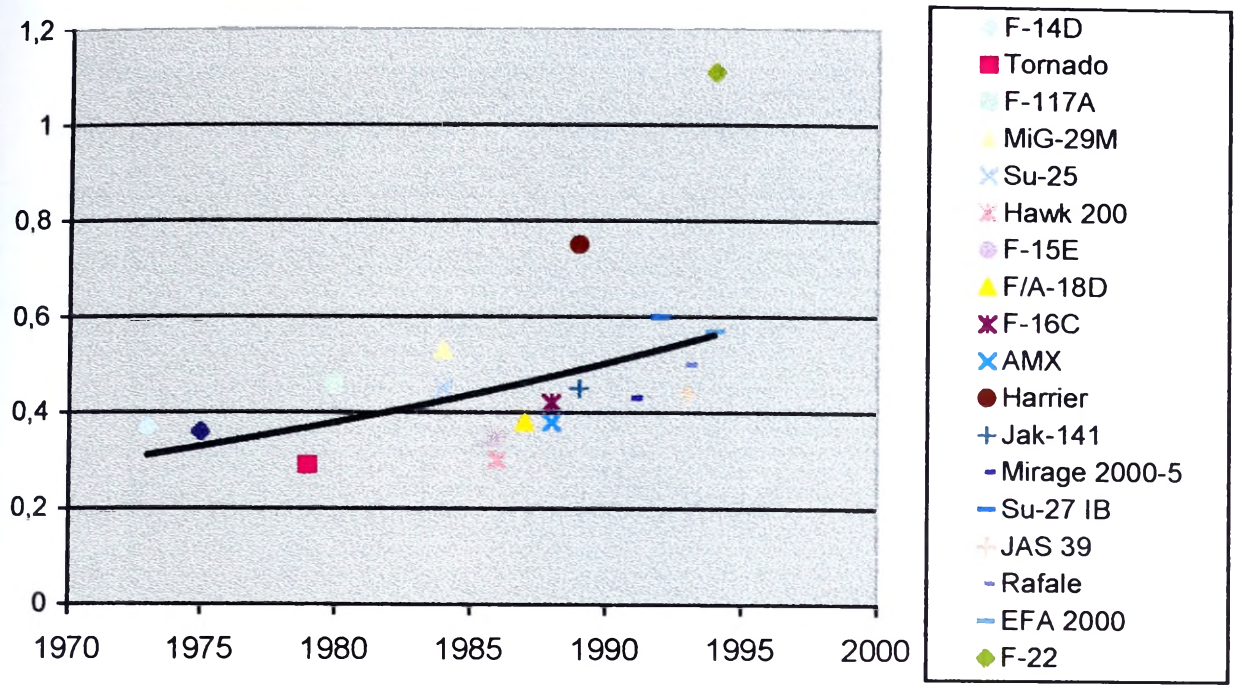
Nadmiar ciągu stanowi różnicę pomiędzy ciągiem rozporządzalnym i oporem samolotu[1] (K-P_x) w czasie lotu z zadaną prędkością na rozpatrywanej wysokości.

Korzystnym jest gdy różnica (K-P_x) jest stosunkowo duża, szczególnie w obszarze eksploatacyjnych prędkości i wysokości lotu[2], w którym prowadzone są walki powietrzne na bliskiej i średniej odległości. Im większy nadmiar ciągu tym większe możliwości samolotu w zakresie uzyskiwanych przyśpieszeń, a więc rozpędzania i związanej z tym możliwości przechwycenia przeciwnika lub oderwania się samolotu od niego. Jako parametr ma zdecydowany wpływ na prędkość maksymalną i prędkość wznoszenia samolotu.

Jednostkowe obciążenie powierzchni nośnej (płata) p wyrażające się stosunkiem masy samolotu do jego powierzchni, jest bardzo ważnym parametrem wpływającym na parametry taktyczno-lotne (m.in.: prędkość maksymalną, długość startu i lądowania oraz pułap) i na możliwości manewrowe samolotu.

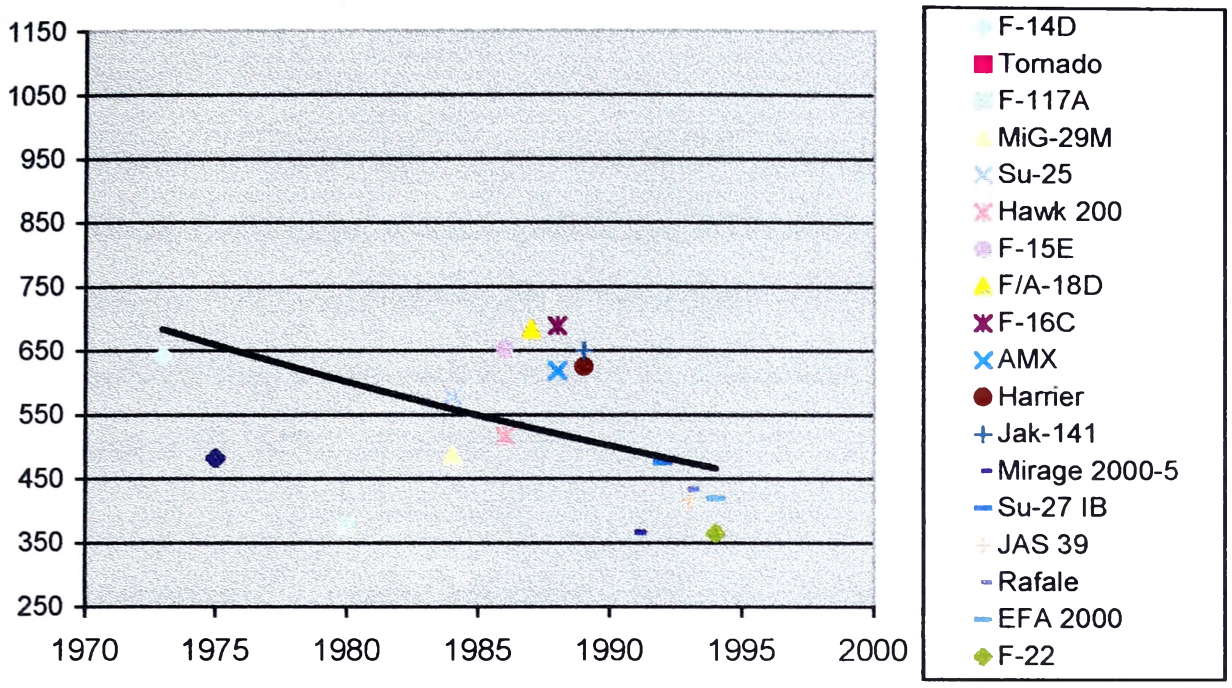
---

[1] Opór jest funkcją parametrów geometrycznych samolotu.
[2] Patrz rys nr 1.6. s. 54.

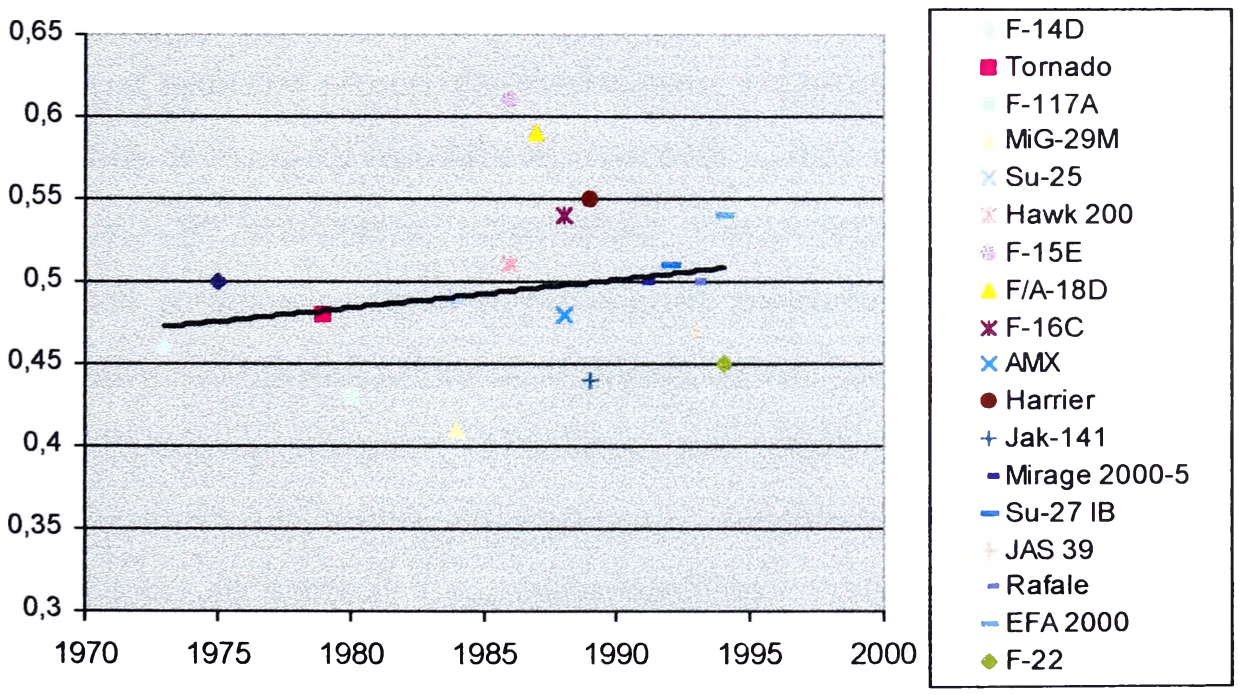


Rys. 2.37. Zmiana obciążenia powierzchni nośnej maksymalną masą startową (decydująca o manewrowości w płaszczyźnie pionowej) w zależności od daty wprowadzenia do eksploatacji

Od wartości *p* zależy nie tylko masa konstrukcji skrzydeł ale również masy innych zespołów samolotu, których parametry zależą od parametrów skrzydła np. usterzenie. Wpływ obciążenia płata na masę konstrukcji skrzydeł przejawia się w zmianie jego powierzchni. Zmiana *p* (przy stałej masie samolotu) prowadzi do zmiany powierzchni skrzydeł i ich rozpiętości, długości i grubości przekrojów. Jeżeli *p* zmienia się *k* razy, to każdy z wymienionych tu parametrów zmieni się proporcjonalnie do $k^{\frac{1}{2}}$ razy (przy niezmienionych wartościach wydłużenia, zbieżności i grubości względnej skrzydła). Dane statystyczne pozwalają uogólnić, że masa skrzydeł jest w przybliżeniu odwrotnie proporcjonalna do obciążenia jednostkowego; jeśli parametr *p* zwiększy się *k*-krotnie, wówczas masa zmniejsza się również *k* razy.



Rys. 2.38. Zmiana względnej masy samolotu w zależności od daty wprowadzenia do eksploatacji



Rys. 2.39. Zmiana stosunku masy użytecznej do maksymalnej masy startowej samolotu w zależności od daty wprowadzenia do eksploatacji

Na podstawie danych statystycznych współcześnie eksploatowanych samolotów bojowych obserwujemy, że jednostkowe obciążenie powierzchni płata zawiera się:

- dla samolotów myśliwskich w przedziale 200...450kg/m^2;
- dla samolotów szturmowych w przedziale 200...450kg/m^2;
- dla samolotów szkolno-bojowych w przedziale 200...450kg/m^2.

Dane te dotyczą mas startowych normalnych. Dla maksymalnych mas startowych *p* są większe o 50...80%.

Przeciążenie[1] **rozporządzalne** jest to maksymalnie możliwe do osiągnięcia przez samolot przeciążenie. Ze względu na konieczność zapewnienia wystarczającej zdolności manewrowej ważne jest aby samolot „dysponował" dużą wartością tego wskaźnika. Pozwala on bowiem na lepsze wykorzystanie samolotu w walce powietrznej lub w czasie atakowania celów naziemnych. Przeciążenie zależy od zdolności skrzydła do wytworzenia siły nośnej (jego charakterystyk aerodynamicznych), nadmiaru ciągu i odporności fizjologicznej załogi na działanie przeciążeń. Przeciążenie rozporządzalne można rozłożyć na składowe: w kierunku osiowym n_x, bocznym n_y oraz normalnym do płaszczyzny płata n_z. W samolotach myśliwskich zbudowanych w konwencjonalnych układach aerodynamicznych najważniejsze znaczenie ma składowa normalna, nieco mniejsze osiowa, natomiast składowa boczna jest nieistotna.

Składowa normalna określana jest możliwą do realizacji zmianą współczynnika siły nośnej, od wartości C_z (odpowiadającej prędkości w danej chwili lotu) do wartości C_{zmax} (odpowiadającej krytycznemu kątowi natarcia). Składową normalną przeciążenia rozporządzalnego określa iloraz C_{zmax}/C_z. Wartość ta nie może być większa od maksymalnego przeciążenia eksploatacyjnego samolotu (zwykle 8 do 9), którego pilotowi nie wolno przekroczyć ze względów wytrzymałościowych płatowca. Na czas potrzebny do

---

[1] Przeciążenie jest to stosunek przyspieszenia występującego w locie krzywoliniowym do przyspieszenia ziemskiego ($g_{śr.}$ = 9,81 m/s^2). *Ilustrowany Leksykon Lotniczy.* Warszawa 1990, s. 150.

osiągnięcia maksymalnego przeciążenia ma wpływ wiele czynników: bezwładność samolotu, tłumiącego działania strumienia powietrza przy obrocie samolotu wokół osi poprzecznej „*o-y*", skuteczność steru wysokości (usterzenia płytowego), stateczność podłużna.

Wzrost momentu bezwładności względem osi poprzecznej I_y, prowadzi do szczególnie niekorzystnego dla samolotów myśliwskich, pogorszenia manewrowości w płaszczyźnie pionowej. O wartości parametru I_y decyduje przede wszystkim długość kadłuba oraz rozmieszczenie mas i agregatów wyposażenia wzdłuż tego zespołu. Dlatego długość tego zespołu samolotu powinna być względnie mała a masy rozłożone w miarę jak najbliżej środka masy samolotu.

W czasie obrotu względem tej osi samolot opływany jest dodatkowo w płaszczyźnie obrotu strumieniem prostopadłym do osi podłużnej „*o-x*". Strumień ten działając na samolot powoduje powstanie momentu tłumiącego przeciwstawiającego się obrotowi. Moment tłumiący wytwarzany jest głównie przez usterzenie poziome mające dość dużą powierzchnię (powierzchnia prostopadła do strumienia powietrza), a przy tym położone w znacznej odległości od środka masy samolotu, gdzie prędkość strumienia jest największa.

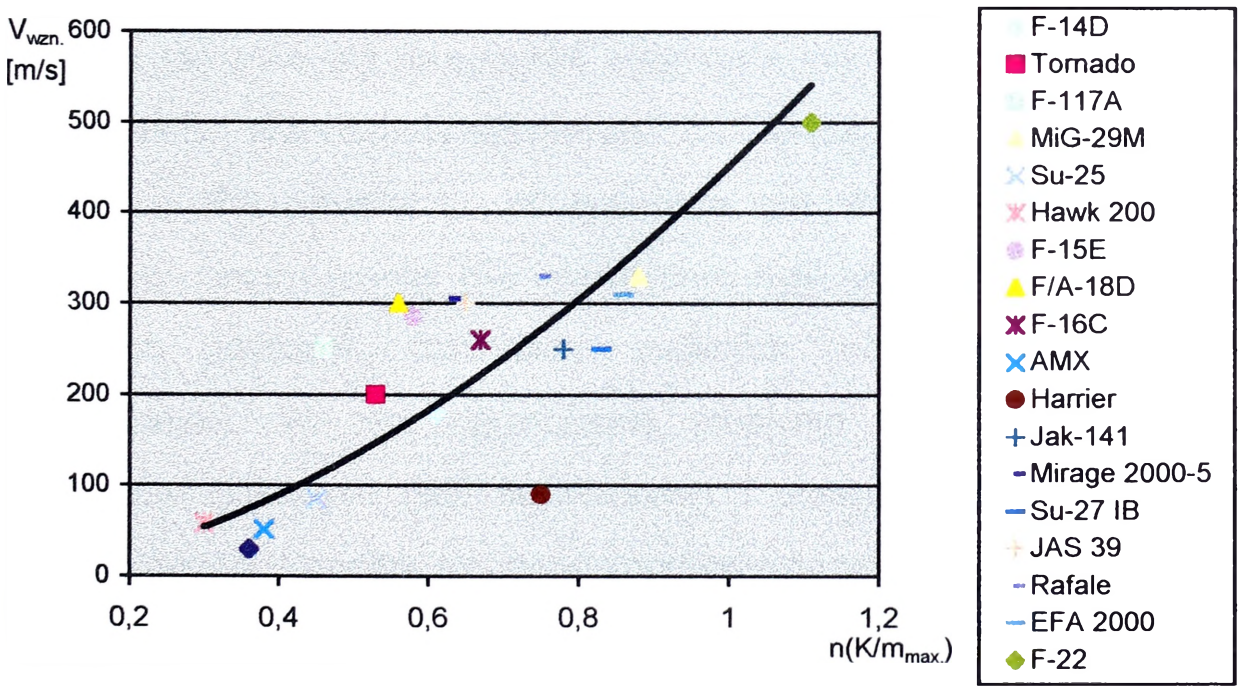
Mniej skuteczny jest ster i im bardziej stateczny samolot, tym wolniej osiągane jest przeciążenie odpowiadające C_{zmax}. Należy tu podkreślić, że największy wpływ na przyrost przeciążenia ma zapas stateczności podłużnej. Przeciążenie rozporządzalne gwałtownie rośnie w miarę zbliżania się do stateczności neutralnej. Wynika stąd, że w samolocie myśliwskim zapas ten powinien być mały (często są to samoloty statycznie niestateczne).

Przeciążenie w kierunku osiowym n_x jest uwarunkowane nadmiarem ciągu (K-P_x) tzn. różnicą ciągu zespołu napędowego i oporu samolotu. Może ono osiągać wartości dodatnie, ujemne lub równe zeru. Największe wartości dodatnie (świadczące o możliwości samolotu do przyśpieszania) osiągane są podczas

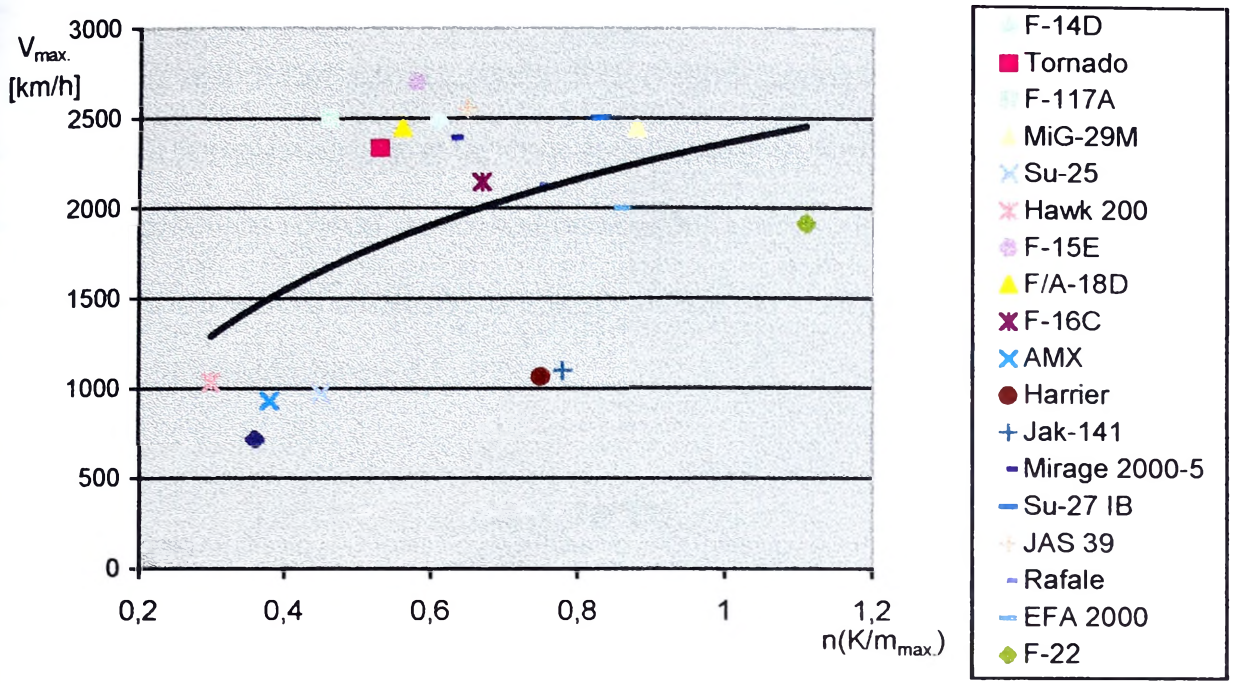
startu, wznoszenia, manewru i dla samolotów myśliwskich (bez stosowania przyspieszaczy rakietowych) nie przekraczają wartości 1...2. Największe przeciążenia ujemne 1,5...2 można osiągnąć w czasie manewrów z wykorzystaniem hamowania (hamulce aerodynamiczne) z minimalnym ciągiem zespołu napędowego lub z jego wektorowaniem (m. in. rewersory ciągu).

Przeciążenie rozporządzalne w kierunku bocznym, dla samolotów budowanych w klasycznych układach aerodynamicznych, praktycznie jest bez znaczenia z uwagi na małe wartości. W samolotach wyposażonych w powierzchnie sterowe umieszczone przed płatem podstawowym (kaczka), szczególnie w płaszczyźnie pionowej, uzyskiwane przeciążenia boczne są porównywalne z przeciążeniami normalnymi. Dotyczy to szczególnie samolotów wyposażonych w aktywne systemy sterowania.

Istotnymi podczas oceny efektywności są związki pomiędzy parametrami taktycznymi i masowo-geometrycznymi.



Rys. 2.40. Związki pomiędzy $V_{wzn.}$ a ciągiem jednostkowym z dopalaniem



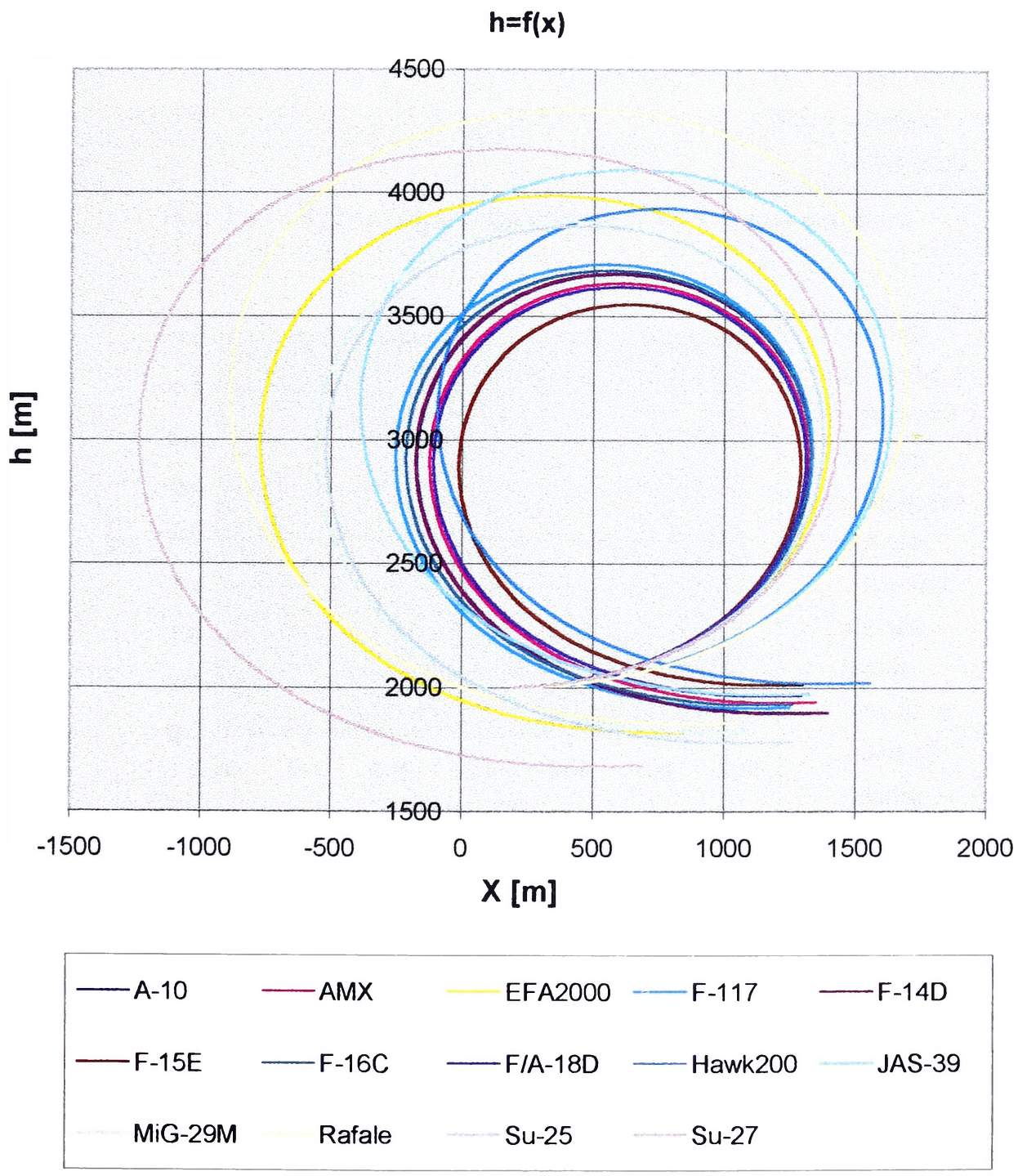
Rys. 2.41. Związki pomiędzy $V_{max.}$ a ciągiem jednostkowym z dopalaniem

Konsekwencją posiadanej masy i wymiarów zewnętrznych jest możliwość wykonania określonego manewru przestrzennego samolotu. Autor przeprowadził modelowanie manewru „pętla". Symulacja ta przeprowadzona została dla wybranych samolotów spośród poddanych wcześniejszej analizie, tak aby uwypuklić wpływ parametrów masowo-geometrycznych na ich manewrowość. W tym celu założono ten sam model sterowania (określony wymaganą zmianą współczynnika przeciążenia normalnego (n_z), prędkość początkową i warunki zewnętrzne Nie oznacza to, że symulacja jest wiernym odzwierciedleniem manewrów rzeczywistych. Nie uwzględnia ona możliwości wynikających z aktywnych układów sterowania mających olbrzymie znaczenie dla manewrowości. W celu ograniczenia problemu badawczego do wpływu parametrów masowych (siły bezwładności i przeciążenia) i geometrycznych (uproszczone charakterystyki aerodynamiczne) przyjęto następujące uproszczenia:

- zmiana parametrów powietrza jak dla atmosfery wzorcowej (ISA),

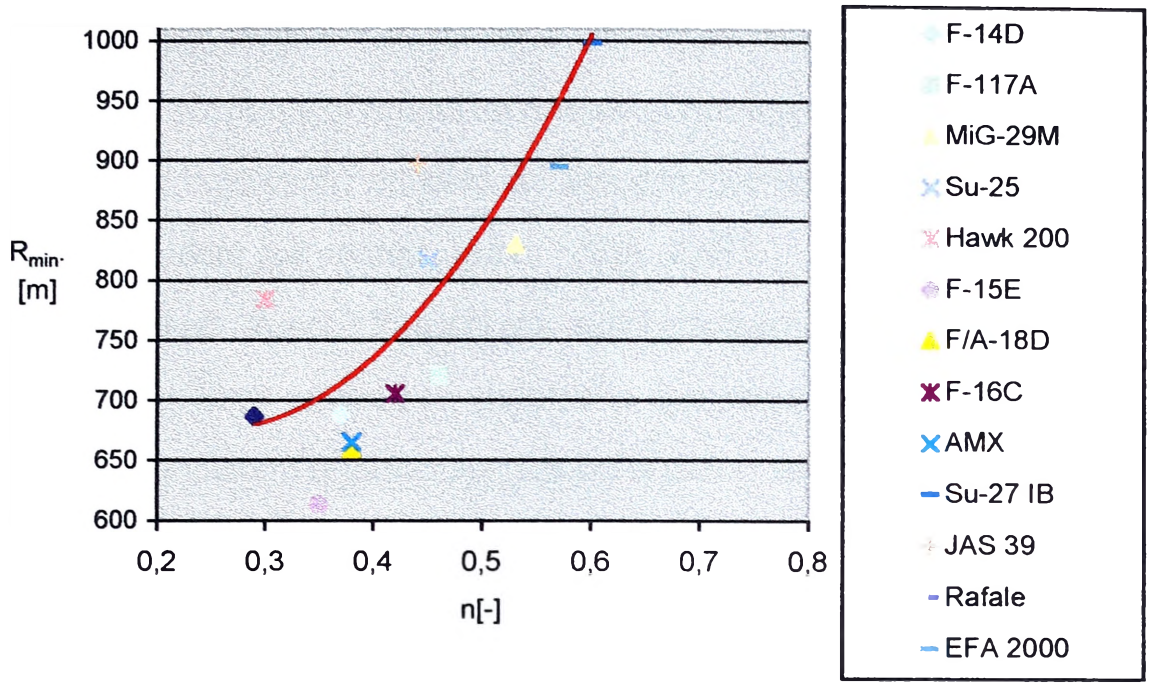
$$\rho_H = \rho_0 \left(1 - \frac{H}{44300}\right)^{4,256};$$

- zastosowanie uproszczonych, zależnych tylko od parametrów geometrycznych i układu aerodynamicznego samolotu charakterystyk aerodynamicznych;
- prędkość początkową wprowadzenia do manewru wynosi V_0=187,5 m/s (675km/h)[1];
- masa samolotu równa sumie masy własnej i 50% masy użytecznej;
- kąty zaklinowania silników $\varphi = 0$;
- momenty giroskopowe $M_g = 0$.

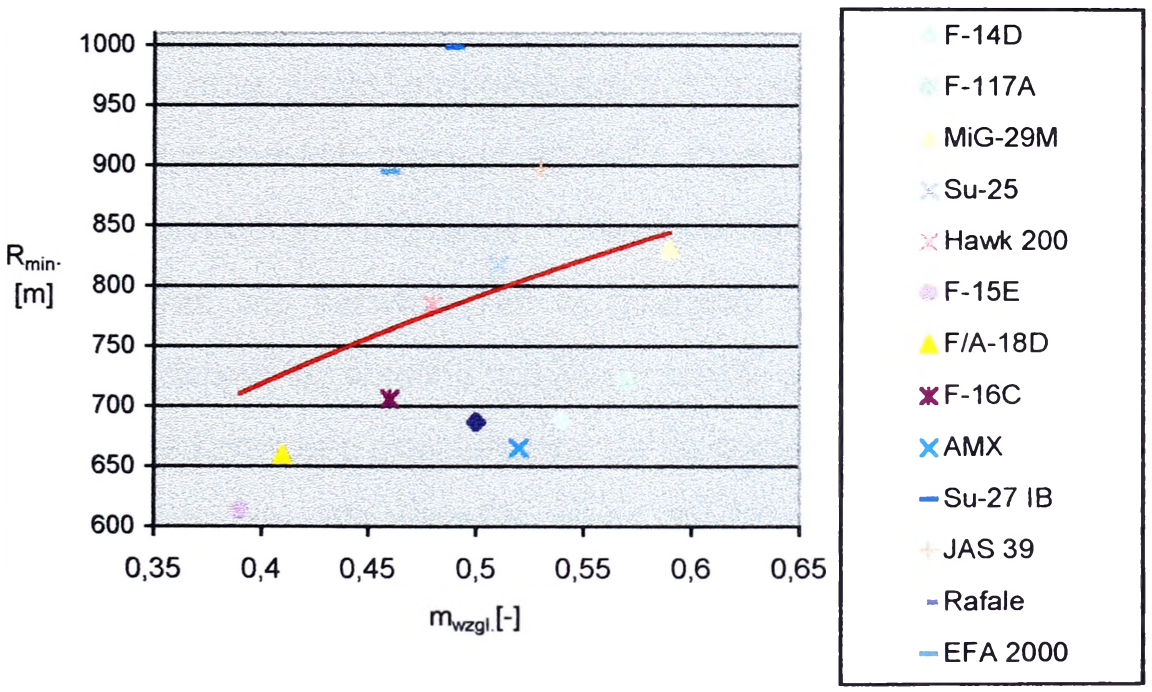


Rys. 2.42. Porównanie torów lotu uzyskanych w wyniku symulacji

[1] Parametry szczegółowe zawarto w załączniku 4.



Rys. 2.43. Wpływ ciągu jednostkowego na promień manewru



Rys. 2.44. Wpływ masy względnej (własnej do startowej) na promień manewru

Analiza wyników symulacji pozwala stwierdzić, iż w przypadku samolotów z klasycznym układem sterowania manewrowość określona promieniem krzywizny manewru przestrzennego jest korzystniejsza dla samolotów o małych masach i wymiarach. Wśród samolotów o znacznych masach i powierzchniach zwraca uwagą rezultat samolotu Su-27IB odbiegający znacząco od „obiegowej" w środowisku lotniczym opinii na temat jego

możliwości. Nie jest to przypadek, ani wynik źle przyjętych założeń. Samoloty tego typu wymagają wręcz zastosowania aktywnych układów sterowania[1]. Przy założeniu innego niż przyjęty model sterowania oraz wyposażenia (mniejsza masa paliwa i środków bojowych) możliwości manewrowe tego samolotu gwałtownie wzrastają. Przykładem jest słynna „kobra" (Rys. 2.41).

Aby wykonać „kobrę" Pugaczowa należy dynamicznie wprowadzić Su-27 na pozakrytyczne kąty natarcia z położenia horyzontalnego (bez przechyleń) z wyłączonym automatem ograniczającym kąt natarcia do 30^o.

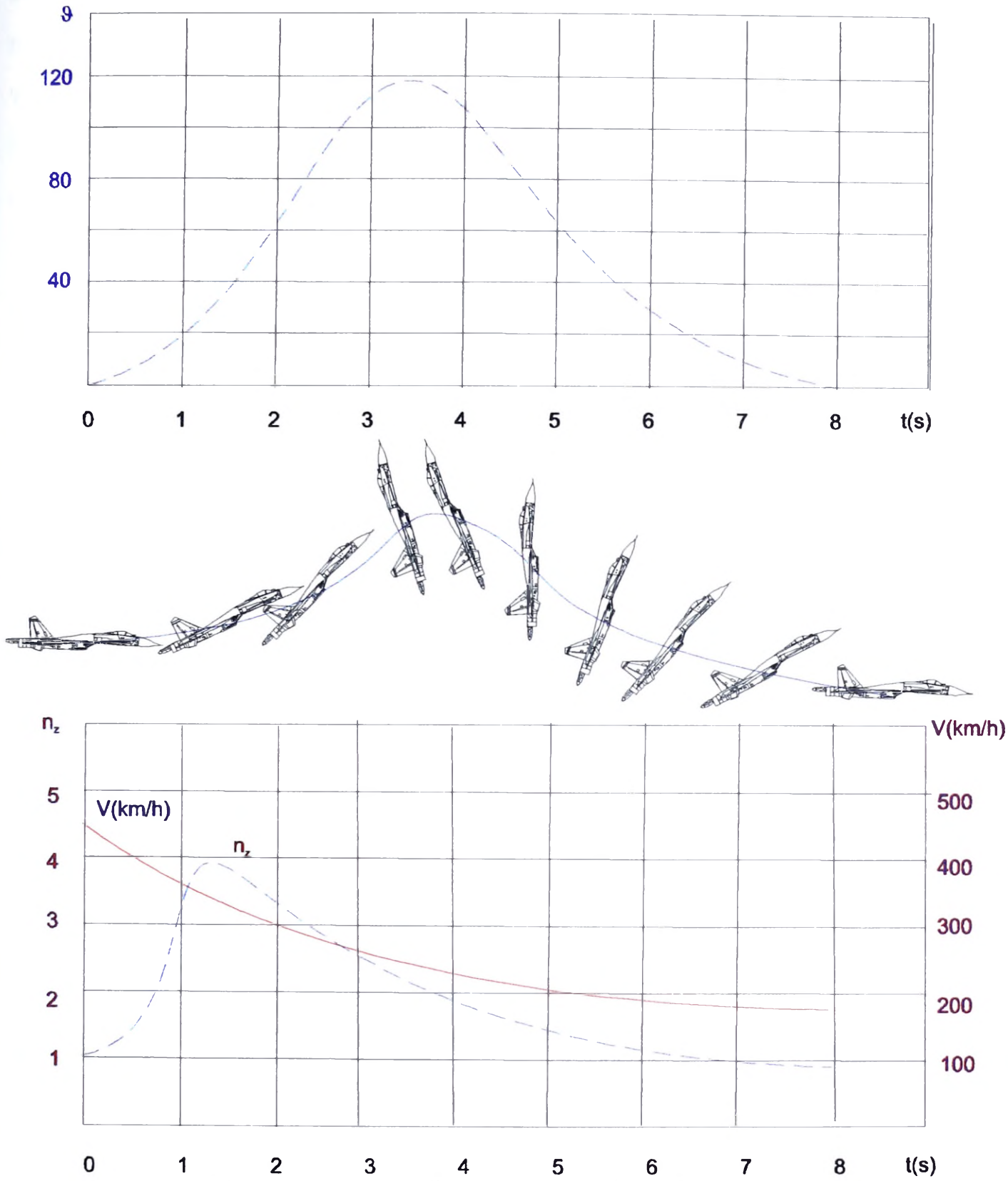
Samolot w strefie pozakrytycznych kątów natarcia jest całkowicie niesterowany (brak reakcji na wychylenia powierzchni sterujących przez pilota).

Jak podał podczas konferencji w Mrągowie prof. Oleg Samojłowicz wzrost kąta między płaszczyzną samolotu a płaszczyzna horyzontalną pochodzi od sił bezwładności wywołanych przeciążeniem $n_z = 4$ w pierwszej fazie wprowadzania do figury. Opływ strug względem powierzchni nośnych zostaje zerwany na kąt $60^o...70^o$ (okołokrytyczne kąty natarcia $30^o...60^o$). Ruch samolotu na kącie natarcia powyżej 70^o powoduje napinanie „aerodynamiczne sprężyny". Siłami przeciwdziałającymi siłę bezwładności są momenty statyczne pochodzące od powierzchni znajdującej się w ruchu względem środka ciężkości.

Prof. Samojłowicz krytycznie ustosunkował się do dociekań różnych specjalistów analizujących przyczyny, dla których że na Su-27 strugi nie odrywają się. Stwierdził, że „...są to dociekania przy złych założeniach. Strugi na Su-27 przy figurze nie tylko odrywają się ale i zanikają. Gdyby było inaczej figura „Kobra" byłaby niemożliwa do wykonania". Początek oderwania strug zaczyna się przy kącie 45°...50° zaś koniec przy 65°. Przy kącie 70° opływ „nie istnieje". Samolot porusza się jak „łopata" ogonem wysuniętym do przodu. Wprowadzenie do kobry wymaga energicznego wytworzenia przeciążenia n_z jak na rys. 2.45. (po 1,5 s $n_z = 4$) co zapewnia bezwładnościowe przejście przez duże kąty natarcia. Figura ta nie ma zastosowania jako figura do ataku (zbyt krótki czas do celowania).

---

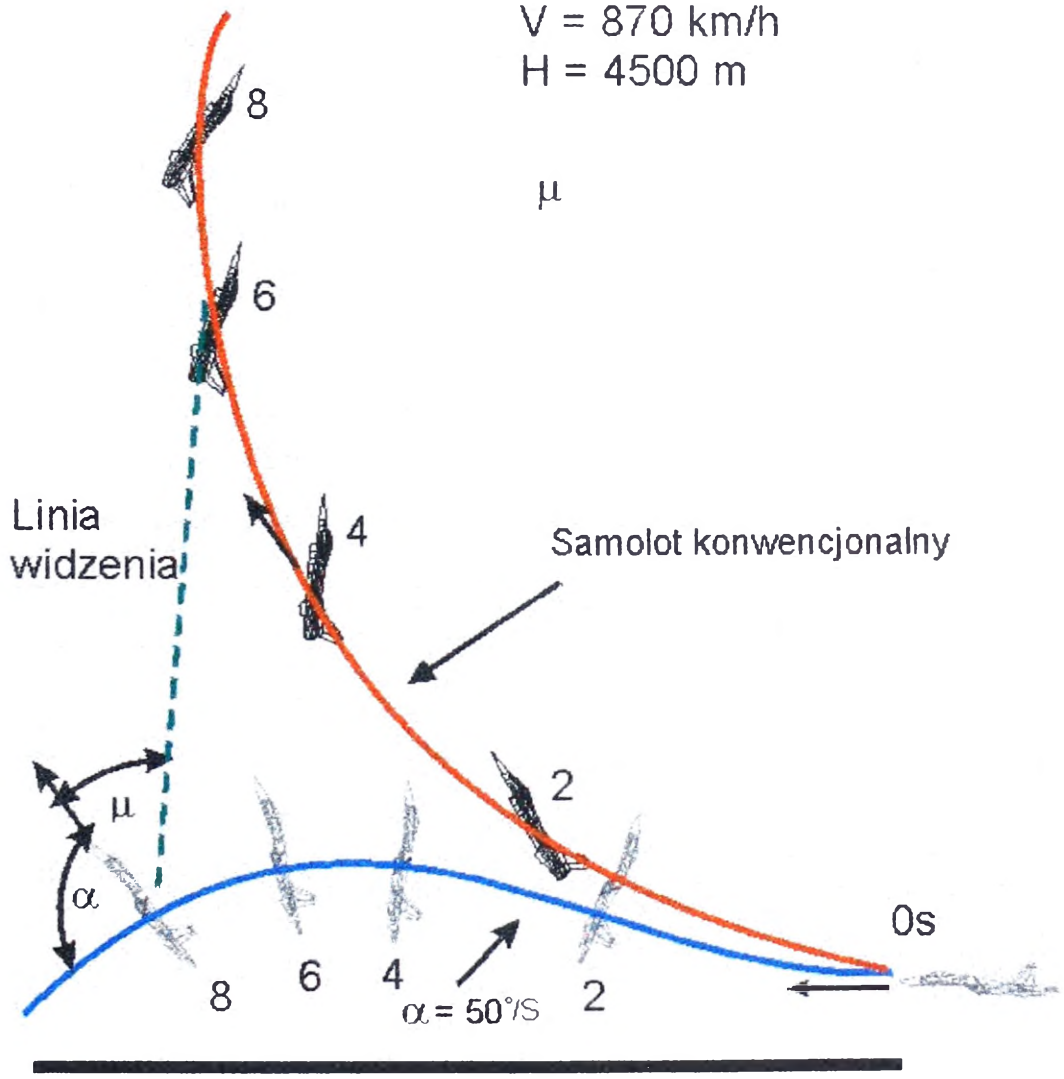
[1] Porównaj Rys. 2.47.



Rys. 2.45. Manewr „Kobra" na samolocie Su-27

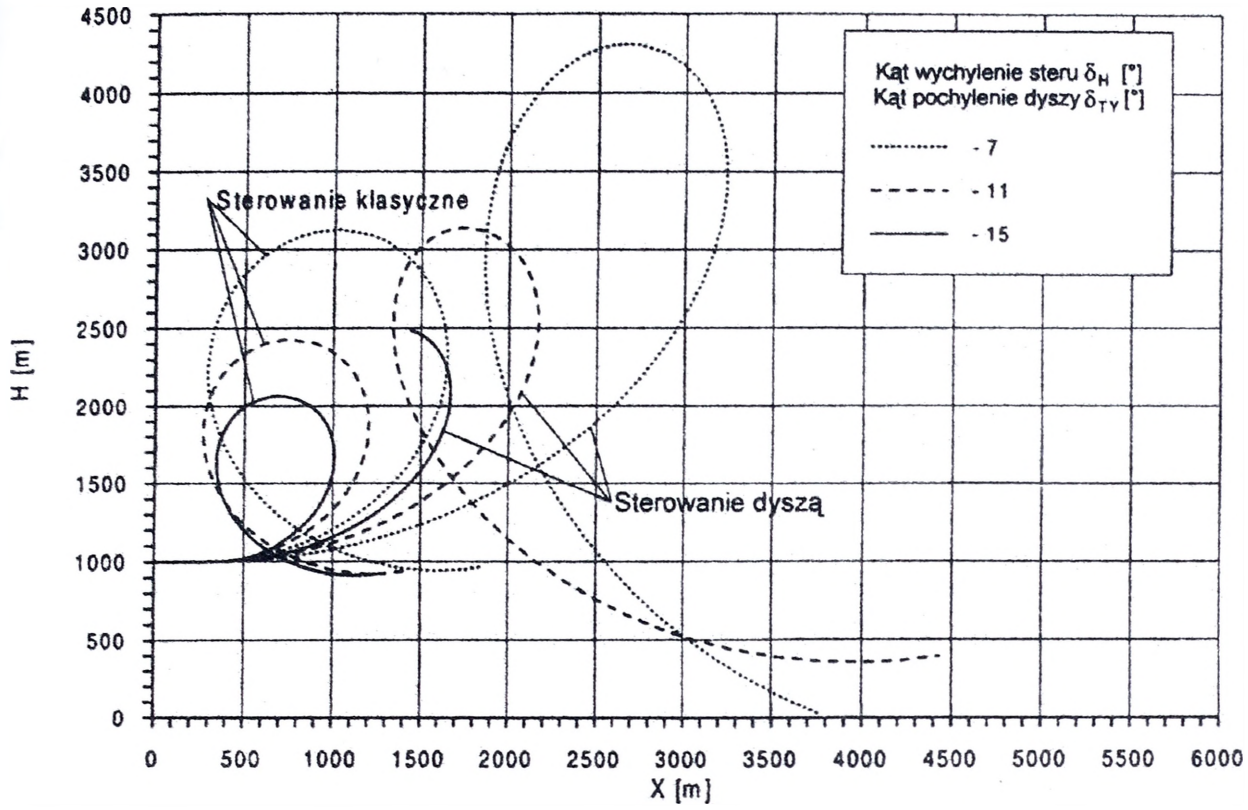
Istnieją teoretyczne podstawy wykonania manewrów, które można stosować w walce z samolotem o klasycznym układzie samolotu ze sterowanym wektorem ciągu. Samolot Su-35 (sylwetka poruszająca się po niebieskiej linii) jest maszyną z aktywnym układem sterowania (zastosowano wektorowanie ciągu), natomiast F-16 (sylwetka poruszająca się po czerwonej linii) reprezentuje w tym układzie

samolot konwencjonalny. Su-35 w pierwszej fazie manewru zwiększa kąty natarcia z prędkością kątową około 50°/s i zaczyna poruszać się po płaskim torze wzosząco-opadajacym przy czym jego położenie jest prostopadłe do toru lotu. Pilot samolotu F-16 chcąc powtórzyć manewr przeciwnika i pozostać w strefie możliwego ataku wykonuje lot po torze uwarunkowanym małą szybkością zmiany kata natarcia. Samolot Su35 pozostaje w pozycji do odpalenia pocisków rakietowych od drugiej do szóstej sekundy manewru. Szybkość zmiany kąta natarcia może być wykorzystywana również w innych manewrach. Zachowanie sterowności podłużnej na dużych kątach natarcia (nadkrytycznych) daje możliwość wykonywania ciasnych wiraży (o małym promieniu, zwrotów bojowych i innych manewrów przestrzennych w stosunkowo krótkim czasie.



Rys. 2.46. Przykład manewru obronnego, w którym atakowany samolot ze zmiennym wektorem może z dużym powodzeniem wykonać atak na samolot atakujący.[1]

[1] Porównaj Stefan Szczeciński *Sterowanie wektorem ciągu samolotów bojowych*" WPTiL 4/95.



Rys 2.47. Porównanie wyników symulacji sterowania klasycznego i sterowania wektorem ciągu[1]

Symulacja manewrowości w płaszczyźnie pionowej samolotu MiG-29 została wykorzystania do weryfikacji wyników osiągniętych przez autora. Ponadto została zaprezentowana z uwagi na wnioski[2] jakie jej autorzy w wyniku przeprowadzonych badań modelowych uzyskali :

- efektywność sterowania wyłącznie wektorem ciągu w płaszczyźnie pionowej jest porównywalna z efektywnością sterowania samolotem z użyciem steru wysokości;
- w celu zwiększenia manewrowości np. w walce powietrznej samolot powinien być sterowany zarówno wektorem ciągu jak również sterami aerodynamicznymi, a układy te powinny ściśle ze sobą współpracować (zintegrowany układ sterowania).

---

[1] M. Orkisz *Ocena własności manewrowych samolotu za sterowanym wektorem ciągu na podstawie badań samolotu MiG-29.* Dęblin 1996.

[2] R. Borowiec, M. Orkisz, M. Szurnik *Studium symulacyjne manewrowości w płaszczyźnie pionoewj samolotu myśliwskiego z napędem o sterowanym wektorze ciągu na przykładzie samolotu MiG-29.* Prace Instytutu Lotnictwa Nr 152. Warszawa 1998, s. 26.

***

Przeprowadzona analiza parametrów masowych i geometrycznych oraz ich wpływu na przyjęte wskaźniki efektywności taktycznej i na manewrowość samolotów bojowych pozwoliła na uchwycenie ważnych prawidłowości:

1. W przypadku gdy rozpatrywany samolot bojowy posiada parametry taktyczno-techniczne (wskaźniki) równe lub wyższe od wymaganych do realizacji zadania decydujące znaczenie dla efektywności taktycznej mają wskaźniki ekonomiczne.
2. Przy obecnym poziomie rozwoju techniki wskaźniki niezawodności porównywalnych pod względem czasu wprowadzenia do eksploatacji samolotów są zbliżone.
3. Przy ocenie wskaźników gotowości największe znaczenie ma czas odtworzenia gotowości bojowej mimo, iż należy oczekiwać utrzymania tendencji do jego skracania we wszystkich modernizowanych i nowo wprowadzanych do eksploatacji konstrukcjach.
4. Ocena wpływu parametrów masowo-geometrycznych na możliwości manewrowe wykazała konieczność wykorzystywania aktywnych układów sterowania w samolotach o znacznych masach własnych. Powoduje nie tylko zwiększenie kosztów zakupu i ich eksploatacji (obsługi i remonty), ale również paradoksalnie obniża ich efektywność taktyczną wpływając na zmianę wskaźników ekonomicznych i niezawodności.

3. PRAWIDŁOWOŚCI ROZWOJU SAMOLOTÓW BOJOWYCH ZDETERMINOWANE PARAMETRAMI MASOWO-GEOMETRYCZNYMI I WYMAGANĄ EFEKTYWNOŚCIĄ TAKTYCZNĄ

Analiza literatury przedmiotu badań, a w szczególności historyczne opisy konfliktów zbrojnych z udziałem lotnictwa zestawione z monografiami poszczególnych typów samolotów bojowych skłania autora do sformułowania prawidłowości determinującej rozwój samolotów jako środków prowadzenia walki .

W początkowym okresie rozwoju lotnictwa powstawały coraz doskonalsze technicznie samoloty co zmuszało taktyków do określenia, na podstawie dotychczasowych doświadczeń, sposobów ich użycia.

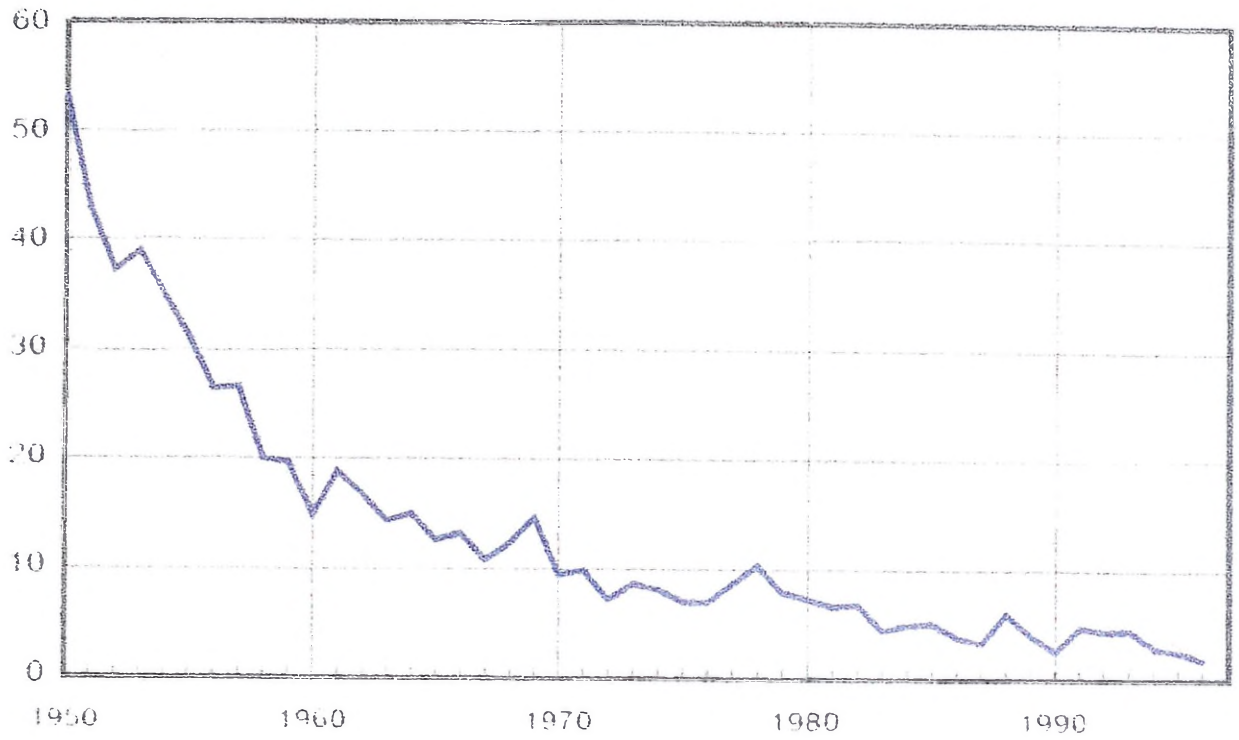
Obecnie kierunki rozwoju zostały odwrócone. Potrzeby i wizje prowadzenia działań bojowych stwarzają konieczność skonstruowania takich środków walki, którymi można byłoby je zrealizować. Najpierw założenia taktyczne co do sposobów prowadzenia działań bojowych, a następnie skonstruowanie nowych samolotów bojowych.

Nie ulega wątpliwości, że parametry i właściwości taktyczne środków prowadzenia walki (w interesującym autora przypadku samolotów) są wynikiem przyjętych rozwiązań konstrukcyjnych. Trudno jednak nie zauważyć, że w większości przypadków rozwój samolotów następował jako odpowiedź na powstałą wizję (koncepcję) ich wykorzystania[1]. W pierwszej kolejności zostaje określone w jaki sposób samoloty będą wykorzystane na polu walki, następnie zostają sprecyzowane wymagania taktyczne w stosunku do mających powstać,

---

[1] Przelot 4 .07.1956 r samolotu U-2 na wysokości ponad 20000 m. w rejonie Moskwy i rozpisanie w USA konkursu na wysokościowy samolot rozpoznawczy (późniejszy SR-71A *Blackbird*) , spowodował, że radzieckie biura konstrukcyjne otrzymały zadanie opracowania myśliwskich i rozpoznawczych samolotów wysokościowych co doprowadziło do rozpoczęcia produkcji samolotu MiG-25 osiągającego prędkości do Ma=3,2 na wysokości ok. 20000 m.

najczęściej w wyniku konkursu wśród głównych producentów (koncernów lotniczych) samolotów.



Rys 3.1. Zmiana ilości samolotów traconych z przyczyn technicznych na 10000 godzin nalotu w ciągu ostatnich 50 lat[1]

Każda nowa konstrukcja posiada konkretne parametry techniczne (masowo-geometryczne) rzutujące na wartość wskaźników efektywności taktycznej (zwiększając ich wartość). Szczególnie systematycznie wzrastająca niezawodność (Rys. 3.1.) i skuteczność bojowa (Rys. 3.2.) czynią z samolotu czynnik mogący przesądzać o losach konfliktów o charakterze lokalnym.

Dlatego prowadząc rozważania nad kierunkami rozwoju samolotów bojowych należy określić w jaki sposób chcemy je wykorzystać. To stanowi podstawę do określenia stawianych im wymagań technicznych.

[1] Na podstawie materiałów koncernu Lockheed Martin.

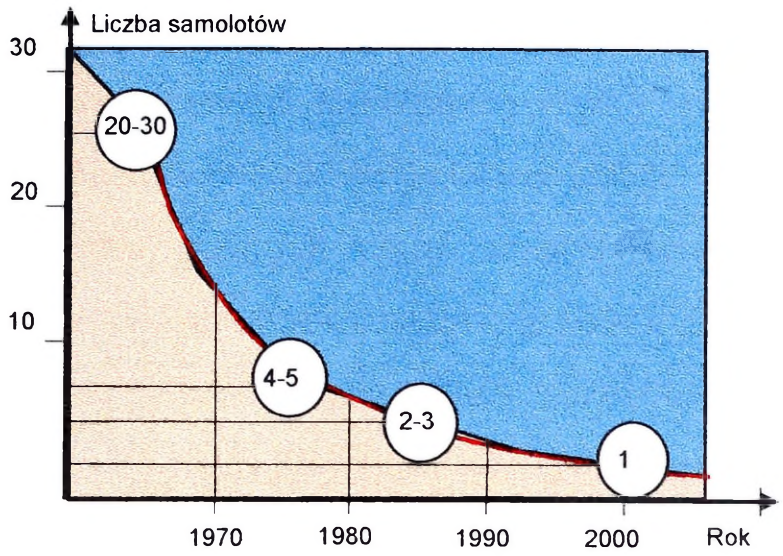
3.1. Wymagania wobec efektywności taktycznej samolotów

Rozwój lotnictwa wojskowego to wynik ciągłych poszukiwań kompromisu konstrukcyjnego pozwalającego na zwiększenie prędkości i wysokości lotu samolotu, jego zasięgu (promienia działania), udźwigu i skuteczności niszczenia przeciwnika. Poszukiwania te w stosunku do lotnictwa myśliwskiego zrodziły dylemat: co jest istotniejsze w celu osiągnięcia przez nie skuteczności działania w walce powietrznej - manewr, ogień czy też oba te czynniki są równoważne.
Dylemat ten wielokrotnie rozstrzygał poziom rozwoju określonej dziedziny techniki lotniczej. W chwilach gdy tempo technicznego rozwoju systemów uzbrojenia lotniczego przewyższało tempo rozwoju konstrukcji samolotu istotniejszy był ogień. Jeżeli relacje się zmieniały przewagę w rozważaniach nad taktyką walki powietrznej nabierał manewr.

Obecnie gdy okres zimnej wojny i konfrontacji USA-ZSRR (Rosja) odszedł do historii, a recesja gospodarcza dotknęła wiele krajów aspirujących do odgrywania roli mocarstw światowych lub tylko regionalnych nieunikniony stała się redukcja ilościowa sił zbrojnych w tym również powietrznych. Opublikowane w 1990 r przez Międzynarodowy Instytut Badań Pokojowych potwierdzają dane na temat wydatków wojskowych, że globalne nakłady na obronę spadły o 4 %[1] wskutek zmiany sytuacji politycznej w Europie Wschodniej oraz postęp w rozmowach super-mocarstw dotyczących kontroli zbrojeń. Mimo postępującego odprężenia i poprawy sytuacji geopolitycznej należy założyć, że konflikty zbrojne o mniejszym lub większym zasięgu będą trwać nadal, a siły powietrzne będą w nich odgrywać rolę ofensywną lub defensywną. Poglądy dające się określić jako: „mniej ale lepszej techniki wojennej" (również lotniczej) są obecnie coraz częściej lansowane przez specjalistów z dziedziny uzbrojenia. Zmniejszenie liczby posiadanych samolotów czy to ze względu na sytuację gospodarczą czy w

[1] *The Word's Air Forces*. 1994, s. 6.

wyniku traktatów i umów międzynarodowych[1] wymusiło opracowanie koncepcji samolotu wielozadaniowego, który mógłby zastąpić kilka samolotów starszych wersji.



Rys. 3.2. Prognoza zmian niezbędnej liczby samolotów lotnictwa taktycznego do zwalczania celów naziemnych (nawodnych)[2]

Nowoczesne samoloty bojowe są bardzo skomplikowane technologicznie. Jednak postęp wymaga ogromnych kosztów, co czyni wytwory najnowszej techniki lotniczej niedostępne dla wielu państw. Znamienną jest przytaczana przez Bila Gunston'a[3], w opracowaniu Współczesne Samoloty Myśliwskie historia o tym, jak podczas debat kongresu USA nad gigantycznymi kosztami koncernu Grumman poniesionym przy opracowywaniu samolotu F-14A padło stwierdzenie : „Nigdy więcej ten Naród nie kupi myśliwca za 20 mln. dolarów". Życie weryfikuje takie poglądy i wymusza przyjęcie wspólnej regionalnej doktryny obronnej nawet przez państwa o znacznym potencjale gospodarczym. Równocześnie jednym z największych i najbardziej przewlekłych problemów państw zrzeszających się w pakty militarne (np. NATO) jest duże zróżnicowanie

---

[1] Np. w myśl traktatu CFE-1 podpisanego w Paryżu 19.11.1990, Polska ma prawo posiadać 460 samolotów i 130 śmigłowców.

[2] Porównaj J. Gotowała *Splątane wiraże 2.* DW Bellona. Warszawa 1997, s. 304.

[3] Bil Gunston - były pilot i instruktor RAF-u, obecnie konsultant *Jane's All The World's Aircraft.*

typów samolotów używanych przez kraje członkowskie[1]. Aby samoloty wielozadaniowe nowej generacji – nazywane również samolotami myśliwskimi podwójnego przeznaczenia - spełniały stawiane przed nimi wymogi powinny być przystosowane do wykonywania zadań typu :

- zwalczanie celów powietrznych;
- zwalczanie celów naziemnych (nawodnych) ;
- prowadzenie rozpoznania i walki radioelektronicznej.

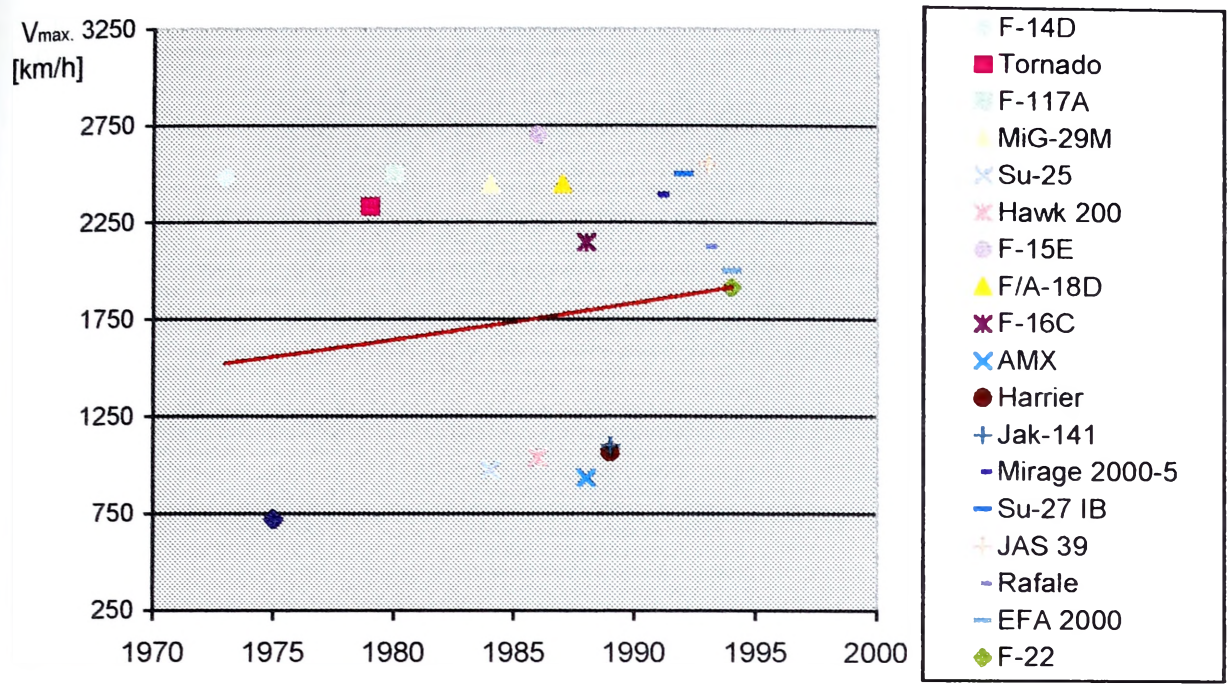
Takie określenie zadań stojących przed nowymi samolotami jest dopiero pierwszym krokiem w celu sprecyzowania jakie to będą konstrukcje. Teraz należy udzielić odpowiedzi na pytanie: „w jaki sposób zadania te mają być realizowane aby osiągnąć maksymalne efekty przy możliwie najniższych stratach własnych ?„

Pierwsze konstrukcje powstające w zgodzie z tą koncepcją wykorzystania w wersjach prototypowych przechodziły obloty techniczne na przełomie lat 80 i 90 (JAS-39 Gripen, Rafale, EF 2000). Część z nich weszła na wyposażenie jednostek bojowych (np. JAS-39) nad innymi trwają dalsze prace (np. Rafale, EF 2000, F-22).

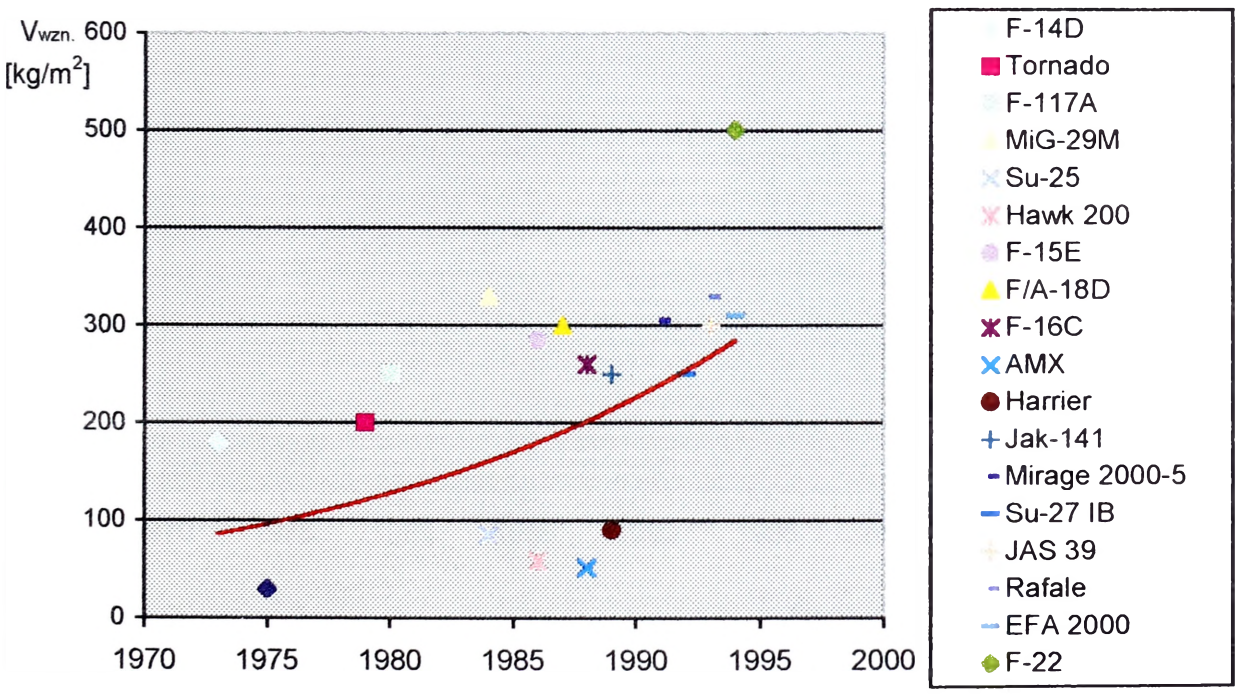
Wymagania wobec parametrów rzutujących na efektywność zostały określone na podstawie opinii ekspertów co do pożądanych wartości podstawowych parametrów samolotów bojowych, której uzupełnieniem była analiza trendów w ich kształtowaniu przeprowadzona w oparciu o wartości statystyczne.

---

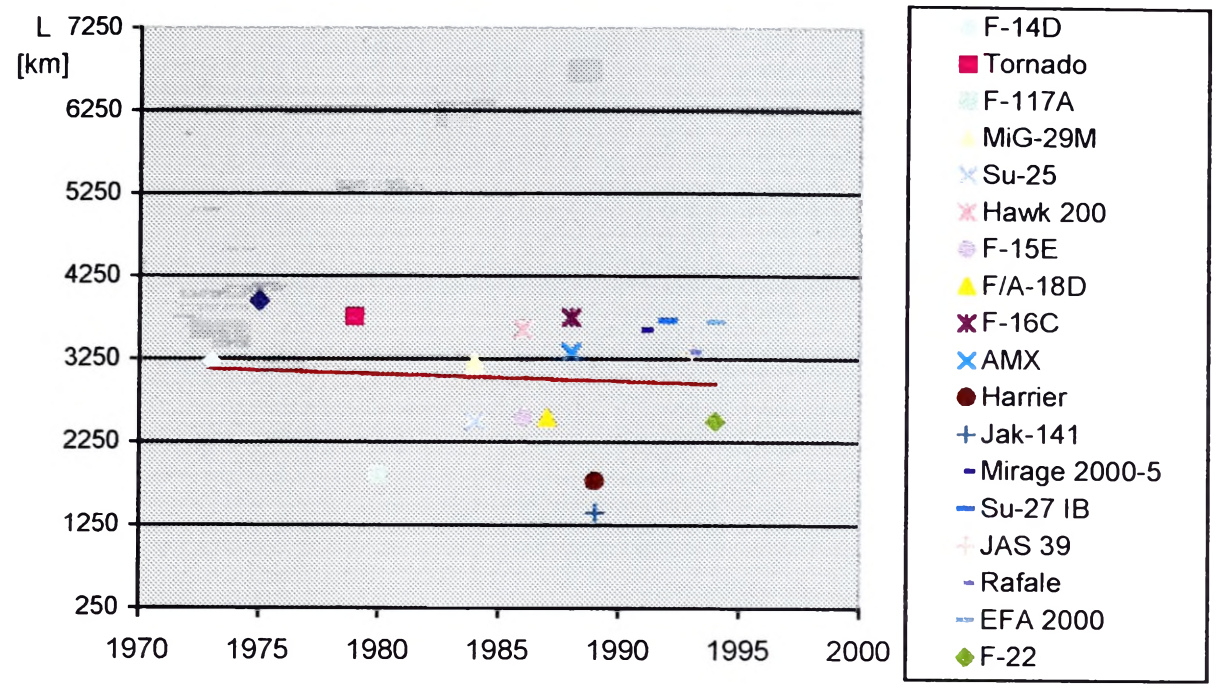
[1] Jedną z prób rozwiązania takich problemów było podjęcie przez FIAT-a (Aeritalia) w 1956 roku produkcji myśliwca bombardującego G-91. Niestety jedynie Włochy i Niemcy (licencyjna produkcja przez Bölkow, Heinkel i Messerschmitt) z krajów europejskich – członków NATO wprowadziły go na wyposażenie. Te same powody zdaniem autora doprowadziły do uruchomienia programów: F-104, Panavia Tornado i EFA 2000 oraz stały się przyczyną ogromnych sukcesów eksportowych F-16 (dla NATO) i MiG-21 (dla Układu Warszawskiego).



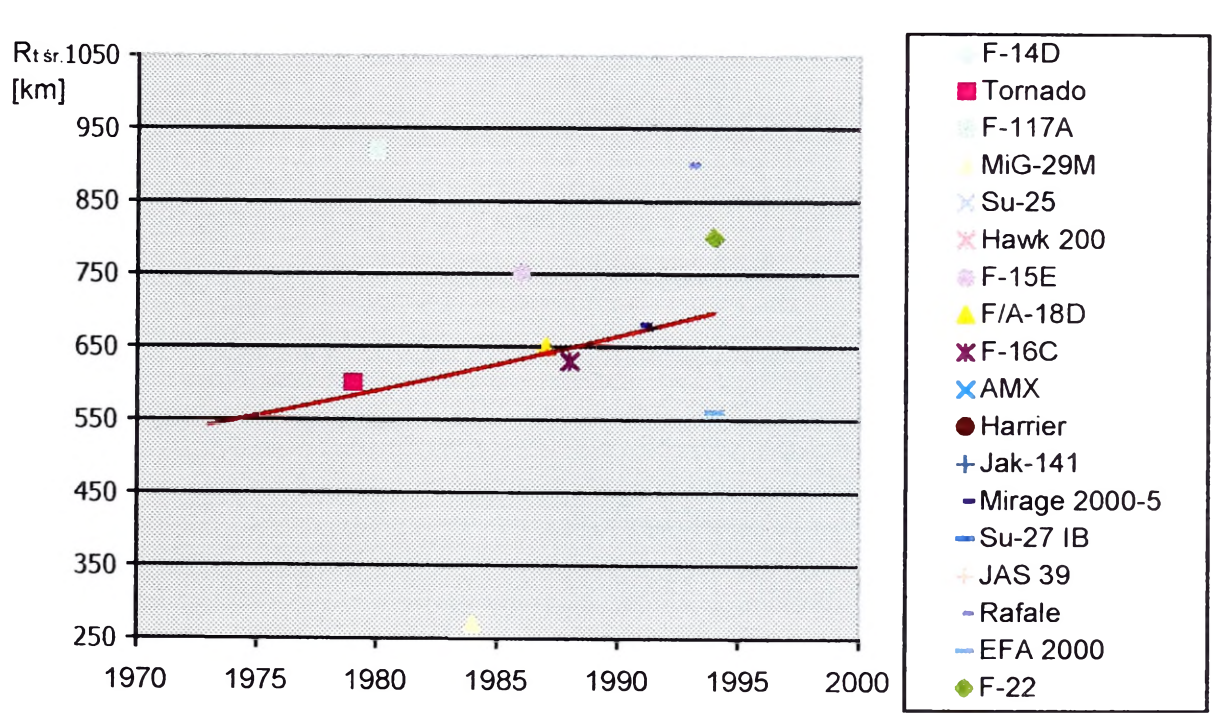
Rys. 3.3. Zmiana prędkości maksymalnej w zależności od daty wprowadzenia do eksploatacji



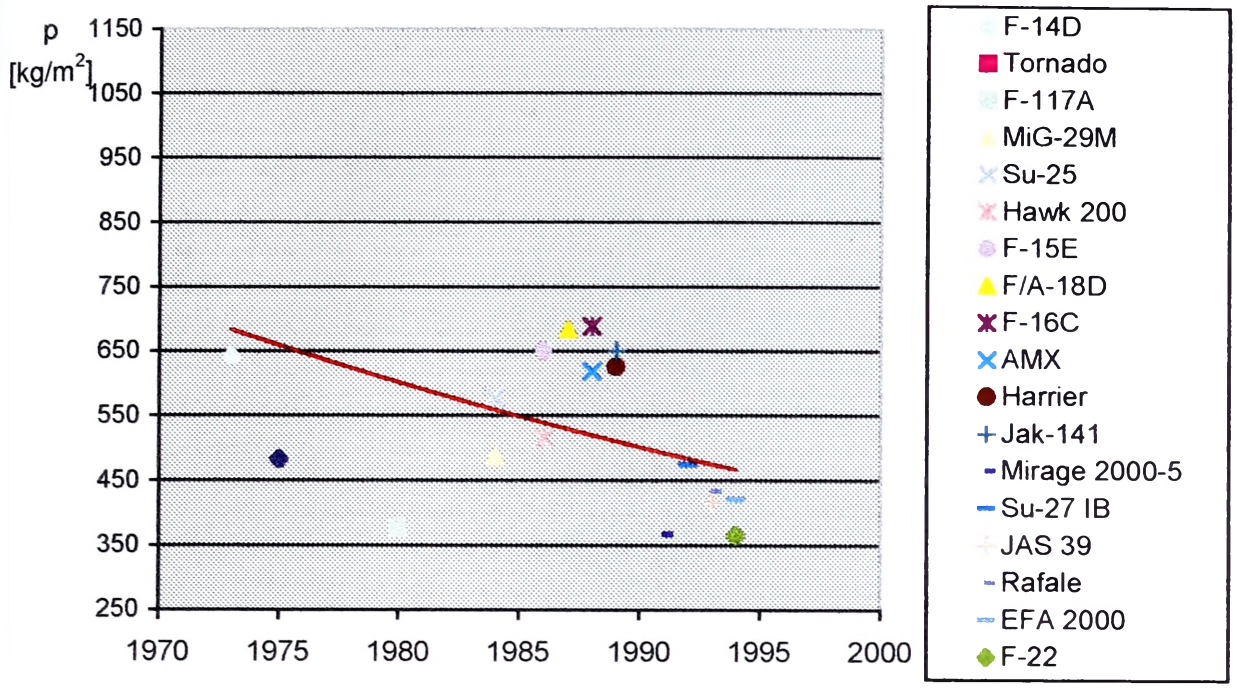
Rys. 3.4. Zmiana maksymalnej prędkości wznoszenia w zależności od daty wprowadzenia do eksploatacji



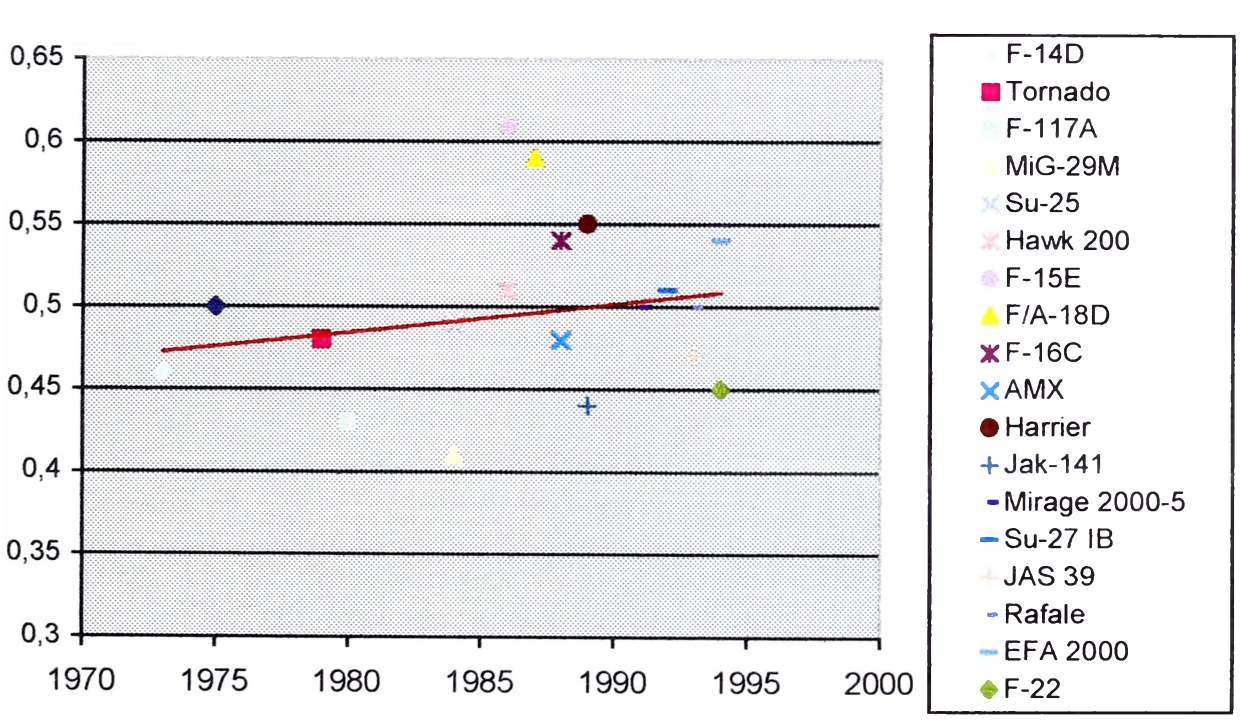
Rys. 3.5. Zmiana zasięgu samolotu w zależności od daty wprowadzenia do eksploatacji



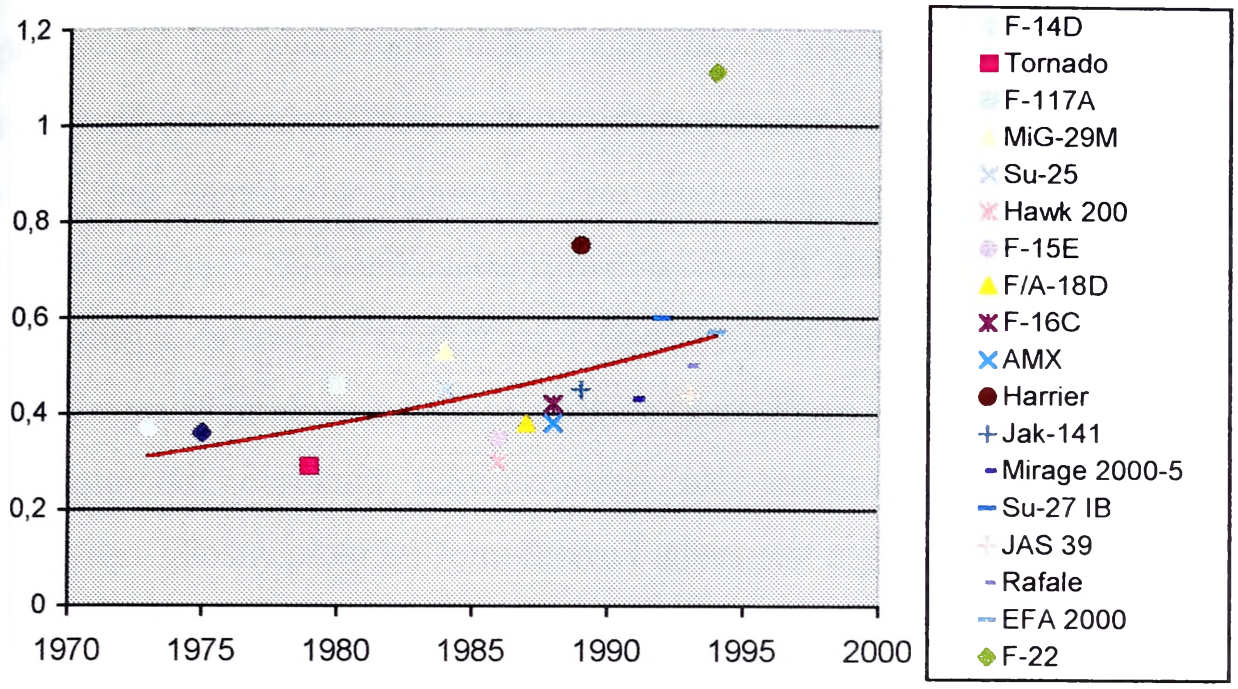
Rys. 3.6. Zmiana promienia taktycznego w zależności od daty wprowadzenia do eksploatacji



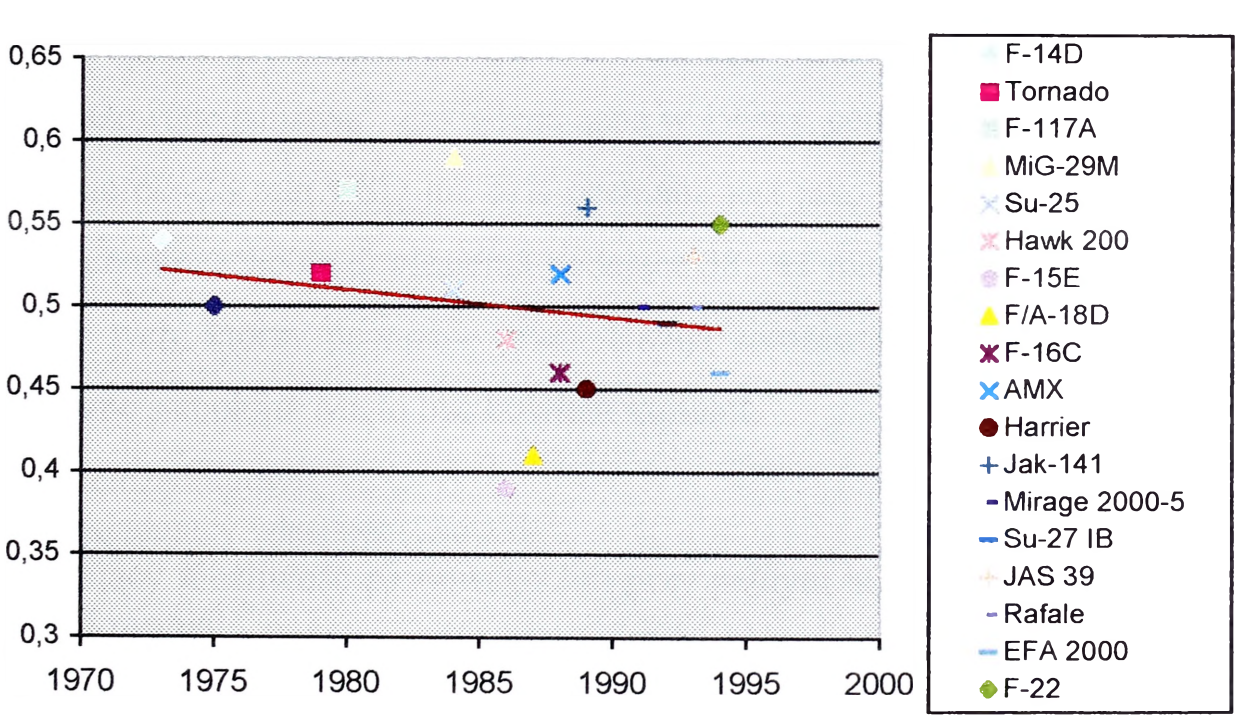
Rys. 3.7. Zmiana obciążenia powierzchni nośnej maksymalną masą startową w zależności od daty wprowadzenia do eksploatacji



Rys. 3.8. Zmiana stosunku masy użytecznej do maksymalnej masy startowej samolotu w zależności od daty wprowadzenia do eksploatacji



Rys. 3.9. Zmiana ciągu jednostkowego samolotu w zależności od daty wprowadzenia do eksploatacji



Rys. 3.10. Zmiana względnej masy samolotu w zależności od daty wprowadzenia do eksploatacji

Trudno jest dziś przewidzieć jak będzie wyglądać walka powietrzna przyszłości lub zwalczanie celów naziemnych (nawodnych). Można jedynie próbować przewidzieć kierunek w jakim pójdzie rozwój techniki lotniczej i uzbrojenia samolotów bojowych. Na podstawie zaobserwowanych trendów należy przyjąć, że wielkogabarytowe o dużych masach samoloty nie mają przyszłości. Zarówno rosyjskie jak i amerykańskie biura konstrukcyjne skupiają swoje wysiłki na dopasowaniu się do zainteresowań przyszłych użytkowników. Ci natomiast oczekują nowoczesnego ale taniego(!) i lekkiego samolotu bojowego. Głośny program Joint Strike Fighter jest tego dobitnym przykładem W założeniach miał to być program międzynarodowy, którego podstawowym celem było opracowanie trudno wykrywalnego, wielozadaniowego samolotu. Niski koszt jednostkowy miał być osiągnięty dzięki masowej produkcji. Pojawiające się w czsopismach technicznych i lotniczych[1] informacje pozwalają wstępnie oszacować ją na 3000 szt. Oprócz USA program finansują[2]: Wielka Brytania – około 10...12%, Dania, Holandia i Norwegia 2% kosztów oraz inne mniej zaangażowane państwa[3]. Zakładana cena w 1994 r. cena jednostkowa która miała wynosić ok. 28 mln USD już dziś oceniana jest jako zbyt niska. Coraz częściej można natknąć się na doniesienia podające 38...41 mln dolarów. Nie powinno to dziwić tych, którzy poważnie przeanalizują założenia konstrukcyjne i wymogi taktyczne samolotu. Ma to być bowiem samolot:

- wielozadaniowy;
- posiadający własności „stealth";
- mający możliwość pionowego lub przy pełnym ładunku skróconego startu i lądowania;
- o zwiększonej manewrowości;
- maksymalnie zunifikowany mimo planowanego wyposażenia w nie minimum pięciu różnych rodzajów wojsk[4].

---

[1] Nowa Technika Wojskowa, Wojskowy Przegląd Techniczny i Logistyczny, Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, Lotnictwo Wojskowe, Raport – Wojsko Technika Obronność, Skrzydlata Polska.
[2] Szacowany jest na 1...2,5mld USD w pierwszej demonstracyjnej fazie.
[3] Kanada i Włochy po ok. 10 mln USD, Turcja i Singapur po ok. 6,2 mln oraz prawdopodobnie Australia, Belgia, Francja, Hiszpania, Izrael, Niemcy i Szwecja.
[4] USAF, USN, USMC, RAF i RN.

3.2. Kształtowanie parametrów taktycznych samolotów

Rozwój lotnictwa wojskowego to wynik ciągłych poszukiwań kompromisu konstrukcyjnego pozwalającego na zwiększenie prędkości i wysokości lotu samolotu, jego zasięgu (promienia działania), udźwigu i skuteczności niszczenia przeciwnika. Poszukiwania te zarówno w stosunku do lotnictwa myśliwskiego jak i uderzeniowego zrodziły dylemat: co jest istotniejsze w celu osiągnięcia przez nie skuteczności działania w walce powietrznej - manewr, ogień czy też oba te czynniki są równoważne.

Dylemat ten wielokrotnie rozstrzygał poziom rozwoju określonej dziedziny techniki lotniczej. W chwilach gdy tempo technicznego rozwoju systemów uzbrojenia lotniczego przewyższało tempo rozwoju konstrukcji samolotu istotniejszy był ogień. Jeżeli relacje się zmieniały przewagę w rozważaniach nad taktyką walki powietrznej nabierał manewr.

Obecnie sposobów zwiększenia efektywności samolotów należy poszukiwać poprzez:

1. Zmniejszenie wykrywalności współczesnych samolotów.
2. Dalszy rozwój zespołów napędowych.
3. Powszechne wykorzystanie samolotów bezpilotowych (bezzałogowych).
4. zastosowanie nowych paliw mających wpływ na parametry masowe i osiągi samolotów.
5. Modyfikację i modernizację samolotów bojowych zwiększający efektywność wykorzystania lotnictwa.

Zmniejszenie wykrywalności współczesnych samolotów

Zmniejszenie wykrywalności stało się priorytetowym zadaniem we współczesnych konstrukcjach samolotów bojowych. Zdaniem autora nie należy jednak przeceniać tych własności współczesnych samolotów bojowych. Samoloty

takie często nazywane są „niewidzialnymi", jednak pełna niewykrywalność jest niemożliwa do osiągnięcia ze względu na silne pokrycie współczesnego pola walki środkami radiolokacyjnymi i walki radioelektronicznej. Wykonane w technologii stealth samoloty są znacznie lepiej zabezpieczone przed wykryciem. Najistotniejszym jest to, że znacznie obniżono w nich skuteczną powierzchnię odbicia (SPO)[1] sygnałów elektromagnetycznych, wartość promieniowania cieplnego i efekt akustyczny. Dzięki temu mogą one prawie niezauważalnie przenikać na teren przeciwnika i po wykonaniu zadania niezagrożone powrócić do bazy.

Środkami wykrywania samolotów bojowych są głównie stacje radiolokacyjne. W celu zapewnienia „niewykrywalności" przed tą częścią systemu obrony przeciwlotniczej, konstruktorzy dążyć będą do maksymalnego obniżenia wartości skutecznej powierzchni odbicia (rozproszenia fal elektromagnetycznych).

Na jej wartość wpływ mają takie czynniki jak: częstotliwość sygnału sondującego stacji radiolokacyjnej, kształt samolotu, układ aerodynamiczny, położenie względem źródła promieniowania oraz właściwości materiałów z których wykonano pokrycie i elementy płatowca.

Wykorzystując matematyczno-geometryczne zależności, znając częstotliwość sygnału sondującego i kąt pod jakim samolot został oporomieniowany można określić skuteczną powierzchnię odbicia a tym samym zasięg wykrycia (patrz tabela).

---

[1] Przez parametr ten rozumie się ekwiwalentną powierzchnię, zorientowaną normalnie (prostopadle) do kierunku padania fal, która odbijając równomiernie we wszystkich kierunkach całą padającą na nią moc pola pierwotnego wywołuje w punkcie odbioru taką samą gęstość strumienia mocy jak rzeczywisty cel.

Tabela 3.1. Przykładowe wartości SPO i odległości wykrycia samolotów[1]

Typ samolotu	Wartość skutecznej powierzchni odbicia (m^2)	Odległość wykrycia (km)
F-117A	0,025	10
B-2	0,1	20
B-52	100	100
B-1B	0,75	30
B-1A	10	60

Zmniejszenie SPO udaje się osiągnąć przez nadanie odpowiednich kształtów odbijających i rozpraszających fale radarowe, zastosowanie specjalnych materiałów do wykonania części płatowca i pokrycia pochłaniające promieniowanie elektromagnetyczne, zastosowanie farb tłumiących i pochłaniających, wykorzystywanie w konstrukcji powłoki o strukturze plastra miodu.

Podane w tabeli wartości SPO dla niektórych samolotów należy traktować jako przybliżone[2] i mogą służyć jedynie do celów czysto poglądowych. Widać to doskonale na podstawie danych zebranych z fachowej literatury lotniczej, gdzie wartości tego parametru dla jednego samolotu często znacznie się od siebie różnią (np. skuteczna powierzchnia odbicia samolotu F-117 wynosi od 0,01 do 0,025 m^2). Według oceny specjalistów US Air Force współczesne samoloty powinny charakteryzować się SPO nie większą niż 0,01 m^2 – porównywalną z wielkością SPO małego ptaka[3]. Skuteczna powierzchnia odbicia tych samolotów to najbardziej strzeżona tajemnica i nawet piloci latający na takich konstrukcjach nie są zorientowani ile ona wynosi.

---

[1] Podane wyżej wartości skutecznej powierzchni odbicia należy przyjąć za przybliżone .*Technika Wojskowa, nr 1/91.*

[2] W chwili obecnej autor nie ma wątpliwości, że nikt nie udzieli mu ani innym badającym tą problematykę informacji na temat badań prowadzonych w laboratoriach czołowych koncernów lotniczych

[3] D. Richardson, Northrop B-2 bomber BGW Warszawa 1992 s. .25.

Tabela 3.2 Przykładowe wartości SPO samolotów

Typ samolotu	Wartość skutecznej powierzchni odbicia (m^2)
SR-71	2
Rafale	2
TR-1A	0,03
F-111	7
F-4	6
MiG-29	3
F-22	0,1
JAS-39 Gripen	2,5
F-15C	3
F-16	1,3

Ważnym czynnikiem utrudniającym wykrycie jest zmniejszenie promieniowania cieplnego. W tym celu silniki samolotów wykonanych w technologii stealth umieszczone są głęboko w konstrukcji płatowca, gazy z silnika są chłodzone przed wydostaniem się z dysz. W strefie zagrożenia działaniem OPL przeciwnika załogi nie będą używały dopalacza (ze względu na bardzo dużą emisję ciepła). Wymaganiem postawionym we wstępnych założeniach konstrukcyjnych tych samolotów, jest osiąganie prędkości naddźwiękowej bez użycia dopalacza[1].

Wartość skutecznej powierzchni odbicia w dużej mierze zależy od częstotliwości sygnału sondującego. Oczywiście wiąże się z tym zasięg wykrycia. Wadą obecnie stosowanych rozwiązań w samolotach generacji „niewidzialnych" jest to, że ich najkorzystniejsze właściwości występują tylko w tych zakresach częstotliwości, w których pracuje większość współczesnych stacji radiolokacyjnych. Poza zakresem 10...100 GHz wzrasta prawdopodobieństwo wykrycia tych samolotów. Poniżej kilkunastu MHz efektywność przedsięwzięć „stelath" znacznie maleje i wzrasta skuteczna powierzchnia odbicia. Jest to spowodowane przejściem z zakresu decymetrowego na metrowy i długość fali wypromieniowanej pokrywa się z długością samolotu, lub niektórych jego

[1] np. konkurs ATF *Advanced Tactical Fighter*, gdzie zostały określone wymagania dla samolotów YF-22 i YF-23

elementów. Sygnał odbity zmienia swój charakter z dyfuzyjnego na rezonansowy, zwiększając moc sygnału odbitego.W przypadku zastosowania częstotliwości większej od 100 GHz również następuje zmniejszenie właściwości stealth. Rolę powierzchni odbijających pełnią nierówności zewnętrzne płatowca.

Wybór odpowiedniego układu aerodynamicznego jest bardzo ważny przy konstruowaniu samolotów bojowych. Działanie to ma zapewnić optymalne właściwości aerodynamiczne, wytrzymałościowe, masowe i taktyczne. Zapewnienie konstrukcji płatowca właściwości stealth jest możliwe w każdym układzie aerodynamicznym. Opracowanie takiego kształtu samolotu (opór powietrza nie ma tu większego znaczenia), polega na zmniejszeniu płaskich pionowych powierzchni takich jak stateczniki i powierzchnie ustateczniające, które „najskuteczniej" odbijają fale elektromagnetyczne. Pożądanym rozwiązaniem jest gładkie połączenie skrzydło-kadłub i usterzenie-kadłub oraz zmniejszenie bocznego i czołowego profilu sylwetki. Ważnym krokiem w kierunku zmniejszenia wartości sygnału odbitego jest zastosowanie układu latającego skrzydła, gdzie wszystkie pionowe powierzchnie sterowe zostały wyeliminowane przez sprawnie działający układ wychylający sterolotki (przykładem jest samolot bombowy najnowszej generacji B-2). Dodatkowo połączenie skrzydła z kadłubem eliminuje opór interferencyjny i zmniejsza masę samolotu. Koniecznym jest wyeliminowanie podwieszeń zewnętrznych. Ich rolę spełnia komora umieszczona wewnątrz płatowca. Duża powierzchnia wewnętrzna kadłuba pozwala na umieszczenie wewnątrz silników, wyposażenia, uzbrojenia i kabiny załogi.

W nieco futurystycznej konstrukcji samolotu F-117 połączeniom powierzchni ruchomych i miejscom podziału nadano skomplikowane kształty, zapobiegające zmniejszeniu niekorzystnej interferencji odbić a obrys jego płatowca zawiera osiemnaście prostoliniowych sekcji usytuowanych w czterech kierunkach głównych. Jeden kąt wyznaczają krawędzie natarcia skrzydeł i usterzenia, drugi jest charakterystyczny dla krawędzi spływu tych zespołów,

trzeci i czwarty wyznaczają konsole skrzydłowe i tylna część kadłuba. Ponadto należy dodać, że krawędzie skrzydeł i usterzeń są prostoliniowe a płaszczyzny boczne są zacienione przez płat nośny.

Płatowiec samolotu mając cztery orientacje kątowe krawędzi ogranicza liczbę możliwych kierunków odbicia sygnałów elektromagnetycznych. Obrys płatowca samolotu B-2 jest prostszy i składa się z dwunastu prostoliniowych sekcji, gdzie każda z nich ma orientację jednego z czterech kierunków głównych. Konstrukcja tych elementów jest powtórzeniem tego samego schematu w małej skali.

Niezależnie od przyjętego układu aerodynamicznego samolotu zawsze kłopotliwymi z punktu widzenia skutecznej powierzchni odbicia, a niemożliwymi do wyeliminowania, są krawędzie natarcia zespołów wytwarzających siłę nośną takie jak skrzydła, usterzenie, powierzchnie ruchome. W celu zmniejszenia ich powierzchni odbicia stosuje się pułapki energii promieniowania radarowego, która jest wytłumiana przez wielokrotne odbijanie się w tzw. reflektorach kątowych, rozmieszczonych wzdłuż np. krawędzi natarcia skrzydeł.

Istotnym zadaniem stało się umieszczenie zespołu napędowego w konstrukcji płatowca nowej generacji samolotów o właściwościach stealth .

Dotychczasowe konstrukcje silników zabudowanych w kadłubach charakteryzowały się wysoką emisją ciepła i gazów wylotowych ułatwiających wykrycie. Poważną wadą było również to, że od takich elementów jak dysze, łopatki sprężarek pochodziła znaczna część promieniowania radarowego.

Bardzo ważnym w budowie samolotów niewidzialnych jest ukrywanie zespołu napędowego w konstrukcji płatowca. Ukrywanie to polega na przysłanianiu elementów wydzielających znaczne porcje promieniowania cieplnego, jak i odbijających najwięcej sygnałów wypromieniowanych przez stacje radiolokacyjną. Udział układu wlotowo-wylotowego w znacznym stopniu dominuje w obrazie radarowym samolotu widzianego z przodu i z tyłu. W celu „ekranowania" zespołu napędowego przed promieniowaniem radarowym stosuje

się następujące rozwiązania konstrukcyjne. Zakrzywia się kanały wlotowe. Na wlotach montuje się specjalne siatki o odpowiedniej geometrii oczek, wykonane z absorbującego promieniowanie radarowe materiału, mające na celu rozproszenie jak i wchłonięcie promieniowania. Profile wlotów są rozwiązaniami konstrukcyjnymi NASA z lat czterdziestych, z charakterystycznie ukształtowanymi i wpuszczanymi dyfuzorami w głąb płatowca (dotychczas nie zastosowane ze względu na małą efektywność współpracy z tradycyjnymi układami napędowymi).

Ważnym rozwiązaniem konstrukcyjnym jest umieszczenie silników nad płatem samolotu tak aby dysze wlotowe i wylotowe były ukryte w możliwie najmniej zdeformowanej krzywoliniowej bryle samolotu. Takie silniki zastosowano na samolotach F-117, B-2, YF-23. Rozwiązanie to nie jest wolne od wad. Podczas przepływu strumienia powietrza utrudniony jest uporządkowany dopływ powietrza bezpośrednio do sprężarki. Kłopotliwe jest to szczególnie w czasie lotu na dużych kątach natarcia. Inną wadą jest ograniczone zastosowanie w takich silnikach sterowania wektorem ciągu za pomocą płaskich dysz wylotowych. Z kolei wloty zagłębione wewnątrz płatowca pracują efektywniej na poddźwiękowych zakresach prędkości.

Podczas realizowania programu ATF (Advanced Tactical Fighter) badania dowiodły, że dobrym rozwiązaniem są wloty półstożkowe, głównie ze względu na swoją sprawność i lekkość. Wykazano także niekorzystny wpływ na skuteczną powierzchnię odbicia wlotów o krawędziach pionowych.

Istnieje przekonanie, że niezależnie od przyjętych rozwiązań silniki samolotów „niewidzialnych" będą skazane na współpracę z niekorzystnymi pod względem sprawności zakrzywionymi wlotami. Narażone będą na nieuporządkowany strumień powietrza na wejściu do sprężarki.

Współczesne silniki będą wyposażone w dysze wylotowe ze zmiennym wektorem ciągu, szczególnie tam gdzie dużą rolę odgrywa manewrowość.

Ważnym elementem w rozwiązaniach konstrukcji układu aerodynamicznego i kształtu samolotu odgrywa rozmieszczenie uzbrojenia tak aby nie wpływało to na zwiększenie skutecznej powierzchni odbicia samolotu. Dotychczas rozwiązywano to za pomocą podwieszeń zewnętrznych, zastosowania komór uzbrojenia (samoloty bombowe).

Najlepszym rozwiązaniem dla samolotów stealth okazało się wyodrębnienie komory uzbrojenia w płatowcu. Dążąc do zmniejszenia takiej komory dla pocisków, minimalizuje się wymiary pocisków jak też wyposaża się je w rozkładane elementy usterzenia i stabilizatory, które ustawia się w położenie robocze po oddzieleniu się od samolotu.

Innym zastosowanym już wyjściem jest wkomponowanie pocisków rakietowych w obrys płatowca, jak również umieszczanie ich w specjalnej rynnie utworzonej w dolnej części kadłuba, zakrytej dopasowaną do jego obrysu pokrywą, odrzucaną bezpośrednio przed odpaleniem pocisku, jak również stosowanie odpowiednich palet z uzbrojeniem dopasowanych do obrysu płatowca. W każdym razie wymagane minimum to przynajmniej częściowo zakryte elementy uzbrojenia.

Bryła płatowca powinna być gładka i krzywoliniowa, bez wystających elementów, anten i podwieszeń zewnętrznych. Elementy niezbędne do wykorzystania w locie takie jak światła pozycyjne, odbiorniki ciśnień, złącze do pobierania paliwa w locie, poza okresami używania będą ukryte pod specjalnymi pokrywami lub chowane wewnątrz płatowca. Urządzenia i elementy nie dające się schować można umieszczać blisko kadłuba i nadawać im skomplikowane kształty graniastosłupów.

Innym istotnym problemem na współczesnych samolotach bojowych jest promieniowanie cieplne. Jest to o tyle istotne, ponieważ właśnie na podczerwień naprowadza się znaczna część pocisków przeciwlotniczych wystrzeliwanych zarówno z ziemi jak i z powietrza. Samolot taki może być również łatwo wykryty wykryty przez urządzenia pracujące w podczerwieni.

Elementami składającymi się na całokształt takiego promieniowania są rozgrzany zespół napędowy ze strumieniem gazów wylotowych, elementy płatowca rozgrzane na skutek tarcia powietrza oraz urządzenia i agregaty wydzielające ciepło podczas pracy.

Najwięcej ciepła w samolocie wydziela zespół napędowy. Jego działanie wiąże się z powstaniem dużych temperatur podczas sprężenia powietrza w sprężarce (w samolotach lecących z prędkością naddźwiękową wydzielane jest ciepło przed sprężarką), spalania mieszanki paliwowo-powietrznej w komorze spalania i powstaniu gazów wylotowych za dyszą samolotu. Miejscami najsilniej obciążonymi cieplnie są dysze wylotowe samolotu. Mimo, że promieniowanie to nie może być wyeliminowanie całkowicie, to jednak jego niekorzystne efekty są w znacznym stopniu zmniejszane dzięki zastosowaniu nowych rozwiązań. Konstruktorzy dążą również do minimalizacji kątowego pola widzenia układów wylotowych zespołu napędowego przez czułe elementy przeciwnika.

Z najczęściej zastosowanych rozwiązań można wymienić ekranowanie najbardziej gorących części zespołu napędowego, w tym wykorzystanie ruchomych ekranów ograniczających emisje promieniowania przez kanały wlotowe i dysze wylotowe (sposób ten jednak niekorzystnie wpływa na osiągi aerodynamiczne samolotu i przyczynia się do zwiększenia skutecznej powierzchni odbicia).

Można obniżyć temperaturę części silnika i gazów wylotowych przez stosowanie dodatkowego chłodzenia strumieniem powietrza o niższej temperaturze. Zwykle jest to powietrze pobierane z wentylatora, chwytu powietrza, kierownicy sterującej warstwą przyścienną lub z otoczenia przez odpowiednie żaluzje. (rozwiązanie osłabi pracę silnika ,ale może być użyte w chwili większego zagrożenia).

Innym sposobem jest osłanianie dysz wylotowych przez część konstrukcji, zarówno od dołu jak i od góry. Osłonięcie z boku może się odbywać przez przysłonięcie dysz wylotowych statecznikami pionowymi.

Kolejnym sposobem jest stosowanie płaskich dysz wylotowych tzw. dwuwymiarowych, które w położeniu odpowiadającym pracy silnika bez dopalania wydatnie zmniejszają kąt widzenia gorącego strumienia gazów wylotowych przez przeciwnika. Wykonanie tych dysz z materiałów kompozytowych lub ceramicznych, zmniejsza skuteczną powierzchnię odbicia i sygnał termiczny w pozostałych kierunkach. W takim wypadku sterowanie dyszami może się odbywać poprzez specjalny komputer pokładowy.

W przypadku ergonomicznego używania dopalacza jest szansa zachowania pewnego zapasu „niewykrywalności" przez przeciwnika. Pilot używa dopalania wtedy kiedy nie ma to znaczącego wpływu na obraz cieplny samolotu.

Zmniejszenie widma fal w tym zakresie można osiągnąć również przez dodanie do strumienia gazów wylotowych środków zmniejszających ich temperaturę.

Podczas wykonywania lotu samolot jest narażony na nagrzewanie się płatowca spowodowane tarciem powietrza o jego elementy takie jak pokrycie i wystające części. Najbardziej narażone na to tarcie są elementy na których zostaje wyhamowana energia dynamiczna przepływającej strugi powietrza, takie jak krawędzie natarcia, krawędzie usterzenia, osłona kabiny. W zależności od prędkości lotu temperatura tych może osiągnąć kilkaset stopni (°C). Charakterystycznym zjawiskiem przy prędkości naddźwiękowej jest to, że zmieniają się właściwości mechaniczne materiałów zastosowanych w budowie płatowca.

Długotrwały lot przy prędkości ponaddźwiękowej jest wówczas możliwy tylko przy zastosowaniu specjalnych środków chłodzenia poszczególnych części płatowca. Jednym ze sposobów jest chłodzenie skrzydeł samolotu paliwem tłoczonym pod pokryciem do komory spalania. Nanoszone są również za pomocą plazmy warstwy materiałów trudno topliwych na elementy płatowca. Na krawędzie natarcia nanosi się specjalne materiały zmniejszające tarcie aerodynamiczne. Kolejnym sposobem jest technika pokrywania powierzchni emitujących ciepło dodatkami zmniejszającymi ich obraz w podczerwieni.

Na promieniowanie cieplne samolotu składają się również emisje cieplne wywołane przez pokładowe zespoły i agregaty. Znajdują się one wewnątrz płatowca i dają o wiele mniejsze promieniowanie i dlatego są mniej groźne.
Obniżenie temperatury jak się okazuje jest jednym z najistotniejszych czynników decydujących o „niewidzialności" samolotu. Ważną rzeczą jest to, że największe widmo w podczerwonym obrazie samolotu dają nagrzane elementy płatowca w czasie lotu z prędkością naddźwiękową, w związku z tym ograniczenie właśnie tego demaskującego czynnika stało się priorytetowym celem w typowych konstrukcjach typu stealth (B-2, F-117 są konstrukcjami poddźwiękowymi).
Pewnym jest, że w dziedzinie przeciwdziałania wykryciu w podczerwieni nauka nie powiedziała ostatniego słowa, jakkolwiek promieniowanie cieplne jest trudno wyeliminować lub zmniejszyć.

Opracowanie materiałów mogących w pewnym stopniu samolot uczynić niewidocznym, stało się jednym z ważniejszych zadań technologicznych w produkcji samolotów najnowszych generacji. Typowymi materiałami zastosowanymi w samolotach o właściwościach stealth, są materiały mogące pochłaniać lub rozpraszać fale radarowe. Ograniczenia w ich zastosowaniu wynikają z jednej strony z konieczności zapewnienia niezbędnych właściwości wytrzymałościowych i sztywności, a z drugiej z możliwego do zaakceptowania przyrostu masy własnej płatowca, powodowanej zwłaszcza nie pracującymi wytrzymałościowo materiałami tworzącymi specjalne pokrycia zewnętrzne.

Do najważniejszych ich cech można zaliczyć właściwości odbicia w zależności od kąta, pod jakim pada fala radarowa na powierzchnię płatowca wykonaną z tego materiału, a także szerokość pasma pochłanianych lub rozpraszanych fal.

Do najpoważniejszych wad można zaliczyć małą wytrzymałość zmęczeniową i wysokie koszty wytwarzania i obróbki. Materiały zapewniają rozpraszanie lub odbijanie fal tylko w pewnym zakresie częstotliwości. Pojedyncza warstwa pokrycia z zawartością ferrytu może pochłaniać fale tylko o

jednej częstotliwości. Większą szerokość pasma można uzyskać przez zastosowanie pokryć wielowarstwowych. Pokrycie takie byłoby bardzo skomplikowane w produkcji i miałoby zbyt dużą masę. Rozwiązaniem lżejszym jest zastosowanie pokryć tłumiących na bazie dielektryków (przykładowo pokrycia sztuczne wypełnione węglem). Takie wyjście z sytuacji wiąże się z dużymi rozmiarami materiału pokrywającego.

Najlepszym rozwiązaniem konstrukcyjnym byłoby zastosowanie materiałów pochłaniających jako elementów struktur nośnych, mogących przenosić pewne obciążenia i wytwarzać część siły nośnej.

Do najbardziej znanych materiałów pochłaniających energię fal radiolokacyjnych należą kompozyty z włóknem grafitowym. Samolot o niewielkich gabarytach i przy zastosowaniu takiego kompozytu, może być niewidoczny dla radarów małej mocy, stosowanych przez cywilną kontrolę ruchu lotniczego.

Firmy Boeing i Lockheed zastosowały kompozyty w osnowie termoplastycznej, które w połączeniu z kompozytami w osnowie epoksydowej dają lepsze właściwości wytrzymałościowe, plastyczne i odporność na uszkodzenia. Elementy wykonane w takiej technologii mogą być łączone bez użycia połączeń mechanicznych. Ma to poważną zaletę, nie trzeba wówczas używać nitowania, które wpływałoby na radiolokacyjny obraz samolotu.

Niemetalowe materiały zastosowane przy produkcji samolotów „niewidzialnych", nazywa się RAM (Radar Absorbent Materiał) i przewiduje się, że w konstrukcjach kolejnych generacji samolotów stealth mogą stanowić do połowy masy konstrukcji płatowca.

Materiały RAM dzielą się na cztery grupy: szerokopasmowe - nazywane prawdziwymi materiałami pochłaniającymi, wąskopasmowe - nazywane rezonansowymi materiałami pochłaniającymi i materiały hybrydowe - będące kombinacją dwu wyżej wymienionych materiałów. Wyszczególnić można jeszcze absorbujące farby pokrywające.

Absorbenty szerokopasmowe zapewniają pochłanianie energii radarowej w całym zakresie częstotliwości i znalazły zastosowanie jako pokrycia będące integralnymi częściami płatowca samolotu. Z zasady mają budowę wielowarstwową gdzie elementami składowymi są materiały izolujące - tworzywa sztuczne i ceramiczne oraz pochłaniające w postaci grafitu, kobaltu, aluminium, miedzi, proszków tlenku żelaza i ferrytów. Łączy się w nich materiały o właściwościach rozpraszających i pochłaniających. Często stosowanym rozwiązaniem są przekładkowe pokrycia komórkowe typu plastra miodu, gdzie ścianki komórek zbudowane są z pianki przesyconej absorbentem, będącym proszkiem srebrnym. Pokrycia typu plaster miodu z okładzinami zbrojonymi włóknami szklanymi mogą absorbować promieniowanie elektromagnetyczne w przedziale 2,5...13 GHz. Pokrycie takie charakteryzuje się ponadto niewielką masą i dużą wytrzymałością dzięki czemu nadaje się do zastosowania w samolotach poddźwiękowych, a po zamianie laminatu z włókna szklanego na kevlarowe lub tytanowe również w samolotach naddźwiękowych.

Materiały wąskopasmowe (rezonansowe) tworzą warstwy interferencyjne, zbudowane z dwóch powierzchni metalowych, będących reflektorami odbijającymi, przedzielonych dielektrykiem.

Ukształtowane w postaci płyt, powłok, lub kształtowników absorbenty umieszczane są w tych miejscach samolotu gdzie występuje największa skuteczna powierzchnia odbicia. Ich działanie polega na tym, że fala odbija się od górnej i od dolnej powłoki doprowadzając do pokrycia się dwóch faz odbitych fal elektromagnetycznych. Powstaje wówczas tłumienie odbitych sygnałów poprzez wystąpienie niezgodność ich faz. Jednak materiały te neutralizują tylko część promieniowania i aby uzyskać pochłanianie z dostatecznym rezultatem należy zapewnić szerokość dielektryka będącego 1/4 długości fali nośnej, oraz wielowarstwową strukturę takiego pokrycia płatowca samolotu. Zaletą takiego materiału jest jego mała masa, lecz skuteczność jest efektywna jeżeli promieniowanie pada pod kątem prostym na powierzchnię pokrycia.

Zdolność do osłony przed promieniowaniem padającym pod innym kątem daje zastosowanie rozwiązań hybrydowych będących połączeniem konstrukcji wąskopasmowych z szerokopasmowymi, charakteryzujące się największą zdolnością ukrywania samolotu przed radarami przeciwnika. Jednak takie pokrycia charakteryzują się wysokim tarciem aerodynamicznym i możliwe staje się ich zastosowanie jedynie tam gdzie wartość skutecznej powierzchni odbicia jest największa.

Szerokie zastosowanie jako pochłaniacza fal radarowych mają również farby i lakiery z domieszką różnych absorbentów.

Materiały zawierające pierwiastki z dużą liczbą elektronów lepiej pochłaniają energię, ponieważ elektrony te rozpraszają te energię na drodze przemiany w ciepło.

Na początku lat dziewięćdziesiątych podjęto prace nad farbami pokrywającymi elementy samolotu myśliwskiego Eurofighter 2000. Farby mają posiadać zdolność tłumienia fal zakresu milimetrowego, bazując na termoplastycznych tworzywach zostaną wykorzystane do zastosowania we wlotach, kabinie, wspornikach zbiorników podwieszanych.

Oprócz zastosowanych materiałów można wyodrębnić rozwiązanie stosowane w komorach bezechowych w postaci ostrosłupów wystających ze ścian, z podłogi i z sufitu. Sygnał odbijający się traci część swej energii podczas odbijania się od wystających w kanale przepływu ostrosłupów (rozpraszanie). Następna strata energii sygnału nastąpi po dotarciu do pewnej powierzchni wykonanej z tworzywa RAM. W celu zwiększenia skuteczności działania tych elementów, zewnętrzne powierzchnie ostrosłupów wykonuje się z ferrytów lub innych materiałów pochłaniających i odbijających.

Najnowszą generacją materiałów RAM jest grupa oparta na metalach nieżelaznych, pochłaniająca promieniowanie radarowe wielkiej częstotliwości. Mogą one zredukować je o około 80%, są polimerami o strukturze węglowo-azotowej o podwójnym wiązaniu nazwanymi solami Schiffa. Sole są silnie

spolaryzowane, koloru czarnego podobne do grafitu, dzięki swoim właściwościom mogą pochłaniać promieniowanie podobnie jak ferryty i jednocześnie są dziesięciokrotnie lżejsze. Poszczególne sole pochłaniają promieniowanie o różnej częstotliwości, mogą więc pochłaniać fale w dość szerokim zakresie. Dodatkową zaletą tych materiałów jest to, że podczas pracy (pochłaniania) nie wydzielają dużo energii cieplnej, co nie wpływa w znaczący sposób na radiolokacyjny obraz samolotu.

Elementem wpływającym na wykrycie samolotu jest promieniowanie elektromagnetyczne wywołane przez pracujące elementy jego wyposażenia. Zredukowanie całkowicie tego demaskującego czynnika w samolotach bojowych, w których właściwie podczas jednego z najbardziej krytycznych momentów wykonywania zadania, pracuje najwięcej tego typu urządzeń, jest ogromnie trudne. Dlatego stosuje się pewne zabiegi redukujące je i wykorzystuje właściwości innych urządzeń. Nawet niepracujące urządzenia są świetnymi elementami odbijającymi fale radarowe. Stąd pokładowe aktywne stacje wykrywania zastępuje się biernymi, a aktywne systemy nawigacyjne wypierane są przez systemy inercjalne lub laserowe. W samolotach o wymaganym dużym zasięgu i dużej długotrwałości lotu zastosowano już systemy astronawigacji, które niezależnie od pory doby i warunków atmosferycznych określają położenie na podstawie obserwowanej gwiazdy.

Zdradliwym dla samolotu jest wykorzystywanie radiostacji pokładowej. Wyjściem z tej sytuacji jest zastosowanie techniki laserowej do łączności między samolotami, a z naziemnym stanowiskiem dowodzenia poprzez wykorzystanie satelity.

Zaletą urządzeń laserowych jest odporność na wykrycie oraz fakt, że mogą one zastępować inne urządzenia wypromieniowujące energię elektromagnetyczną jak i również urządzenia wykorzystujące zjawisko Dopplera.

W czasie lotu na małej wysokości rolę radaru obserwującego przestrzeń i kształt terenu może pełnić urządzenie do przeszukiwania w podczerwieni.

Radiowysokościomierz zostanie zastąpiony przez analogiczne urządzenie, tyle że laserowe.

Podstawową zasadą w rozmieszczaniu urządzeń pokładowych jest ich grupowanie tak, aby było możliwe ich ekranowanie i osłanianie przed wykryciem. Komunikacja między takimi urządzeniami odbywałaby się poprzez światłowody. W czasie użycia ich w strefie zagrożenia należy zminimalizować czas wysyłanych impulsów.

Inne układy wypromieniowujące energię elektromagnetyczną, należy je zastąpić takimi, które tylko odbierają sygnały, a anteny należy przynajmniej częściowo ukryć.

W samolotach stealth zmienia się charakter stacji radiolokacyjnej, której nie można w wielu przypadkach wyeliminować lub zastąpić urządzeniami biernymi (W konstrukcji samolotu F-22 zrezygnowano z pewnych korzyści płynących z „niewidzialnych" rozwiązań konstrukcyjnych, na rzecz rozwijanych cech samolotów myśliwskich). Konstruktorzy bardziej pracowali nad samolotem panowania powietrznego mającym zastąpić F-15, niż nad samolotem typowo niewidocznym dla radarów. Mała wartość skutecznej powierzchni odbicia i inne cech klasy stealth mają jedynie pomagać w realizacji priorytetowych zadań myśliwskich.

Z samolotów klasy stealth zostaną wyeliminowane podwieszane urządzenia mogące promieniować energię elektromagnetyczną, w nowych konstrukcjach należy się spodziewać instalowania ich we wnętrzu płatowca.

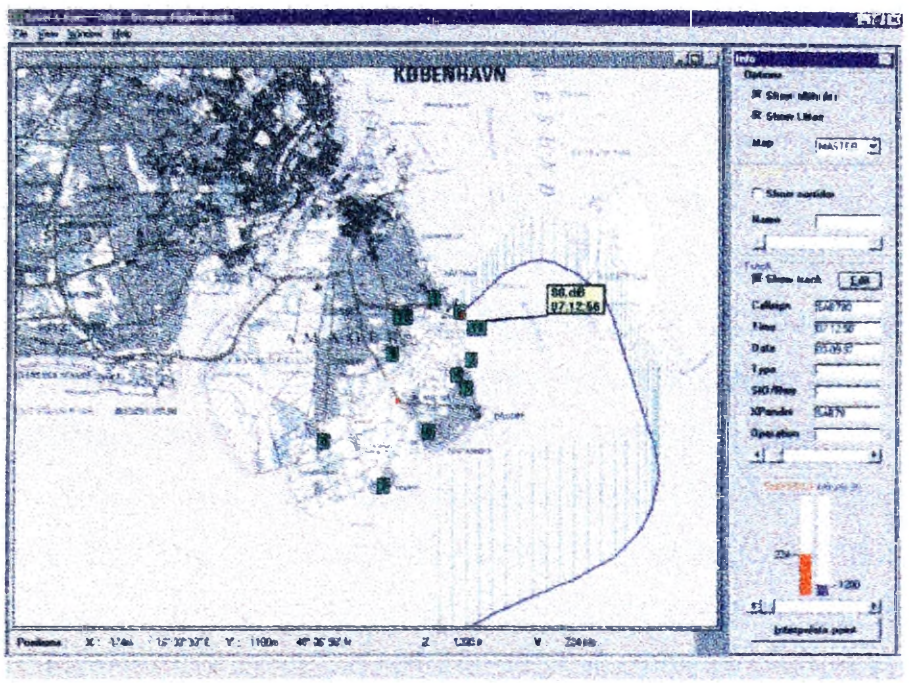
Wykrywanie optyczne nie jest czynnikiem, który decyduje o wykryciu samolotu szczególnie w nocy lub w trudnych warunkach atmosferycznych. W samolotach stworzonych z myślą o wykonywaniu zadań nocnych problemem jest tylko widoczny płomień za dyszą wylotową silnika. W tym celu dyszę wylotową maksymalnie chowa się w płatowiec samolotu. Typowe samoloty do tego rodzaju działań malowane są na czarno co tym bardziej powoduje ich optyczną niewidzialność. Gorzej jednak sprawa wygląda w dzień, przykładowo F-117 przy

sprzyjających warunkach atmosferycznych widziany jest z bardzo dużej odległości.

Pozostałe samoloty przed okiem obserwatora ukrywa się nadal przez malowanie kolorami zlewającymi się z otoczeniem. W tej dziedzinie nadal stosowane są najstarsze sposoby ukrywania przed wzrokiem obserwatora, znane od początku bojowego wykorzystania lotnictwa.

Często o wzrokowym wykryciu decyduje postać smugi kondensacyjnej za samolotem lecącym na dużej wysokości. W celu zmniejszenia kondensacji pary wodnej dodaje się do paliwa różne składniki chemiczne zmniejszające powierzchnię kropelek wody wchodzących w skład powstałej smugi za dyszą samolotu.

Przelot samolotu zdradza również hałas spowodowany pracą zespołu napędowego oraz opływem płatowca przez cząsteczki powietrza. Istniejące obecnie systemy monitorowania hałasu pozwalają na obserwację przemieszczania się samolotów oraz wszelkich zdarzeń akustycznych zachodzących w przestrzeni powietrznej w czasie rzeczywistym. Dane na ten temat mogą być przeglądane i analizowane na każdym stanowisku komputerowym włączonym do jednolitej sieci danych. Bardzo trudno w chwili obecnej jest ocenić autorowi skuteczność tego rodzaju systemów wykorzystywanych przez siły powietrzne. Materiały na ten temat okryte są ścisłą tajemnicą. Skuteczność tych metod śledzenia ruchu samolotów autor może ocenić jedynie w sposób pośredni – analizując efekty monitorowania hałasu w rejonach przelotów samolotów cywilnych. Przykładem może być standardowy system ANMS (Airport Noise Monitoring System) pracujący między innymi na skandynawskim węźle ruchu lotniczego w Kopenhadze pozwalający na kontrolę obszaru lotniska na mapie odzwierciedlającej jednocześnie dane o położeniu wszystkich samolotów lokalizowanych na podstawie towarzyszących im zdarzeń akustycznych (Rys 3.11.).



Rys. 3.11. Przelot samolotu wraz towarzyszącym mu zdarzeniem akustycznym w rejonie lotniska w Kopenhadze zobrazowany w czasie rzeczywistym[1]

Bardzo kłopotliwym jest lot podczas przekraczania prędkości dźwięku, któremu towarzyszy silna fala uderzeniowa słyszalna z bardzo dużych odległości. W celu zminimalizowania tego zjawiska stosuje się następujące środki:

- silniki o mniejszej hałaśliwości najlepiej dwuprzepływowe, lub o tzw. zmiennym obiegu (rozwiązanie znane z samolotu F-22);
- zminimalizowanie użycia dopalacza w strefie zagrożenia;
- takie ukształtowanie dysz i ich zabudowa w płatowcu, aby fale dźwiękowe nie były kierowane w stronę ziemi;
- izolowanie silników od pokrycia zewnętrznego płatowca nie tylko termicznie ale i akustycznie;
- poruszanie się w strefie zagrożenia wykonywać możliwie z prędkością naddźwiękową lub poddźwiękową, co ma na celu wyeliminowanie efektu związanego z przekraczaniem prędkości dźwięku;

---

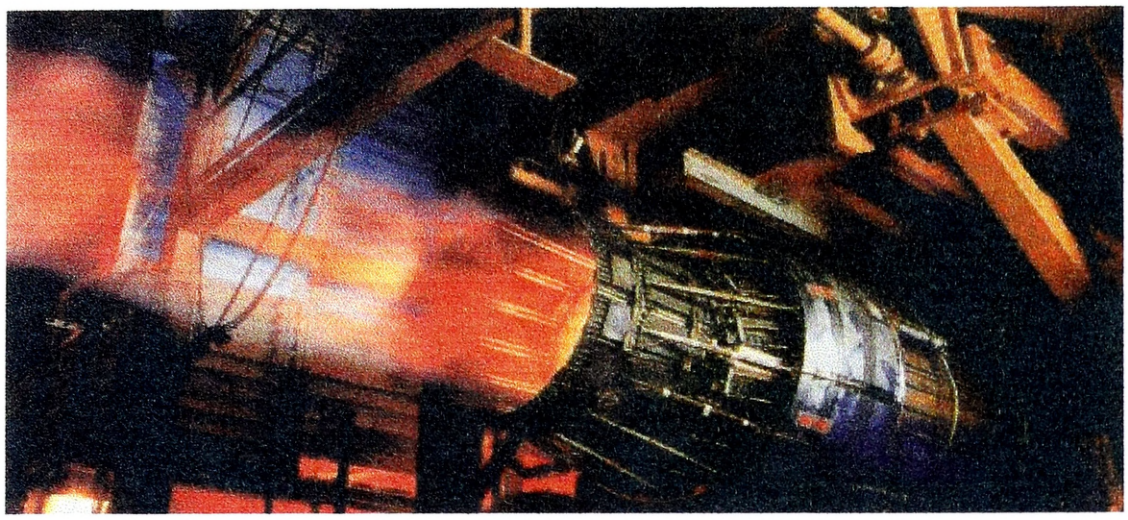
[1] na podstawie materiałów informacyjnych firmy Brüel & Kjær Sound & Vibration Measurement A/S. Autor czuje się w obowiązku podkreślić, że przedstawiciele koncernów lotniczych oraz firmy Brüel & Kjær unikali lub udzielali odpowiedzi wymijających na temat możliwości wykorzystania prezentowanych technik do celów wojskowych.

- przez odpowiednio dobrany profil lotu można znacznie opóźnić wykrycie samolotu przez naziemną obronę przeciwlotniczą. Przy dolocie do celu na bardzo małej wysokości czas niezbędny do wykrycia znacznie się wydłuża.

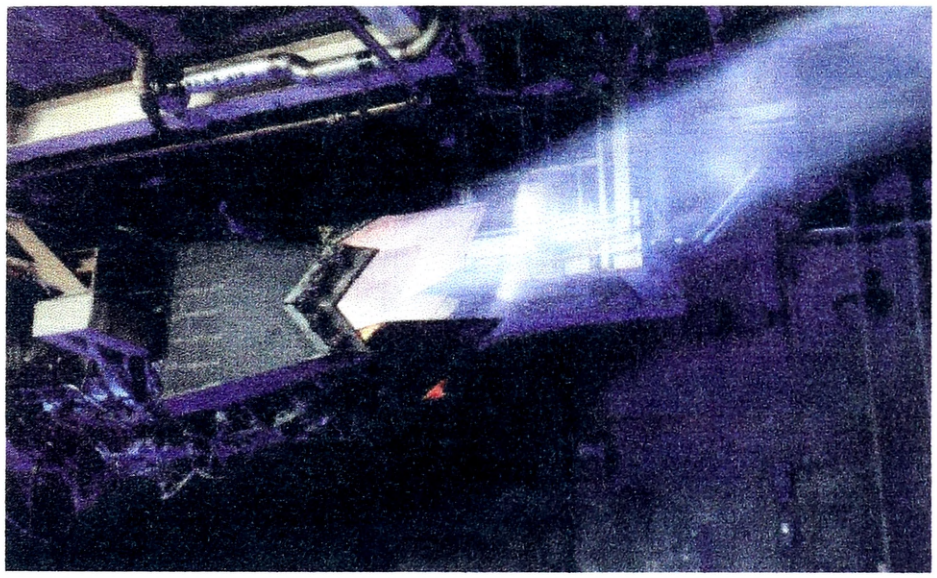
Rozwój zespołów napędowych

Jednym ze sposobów zwiększenia manewrowości oraz skrócenia drogi startu i lądowania współczesnych samolotów bojowych jest zastosowanie sterowania wektorem ciągu, tj. odchylania strumienia wylotowego silnika w płaszczyźnie pionowej oraz poziomej. Zwiększa się w ten sposób manewrowość samolotu, a to polepsza jego efektywność taktyczną, zapewniając mu w walkach powietrznych przewagę nad samolotem konwencjonalnym, umożliwiając ewolucje obronne przed pociskami rakietowymi oraz skuteczność atakowania z małej wysokości celów naziemnych.

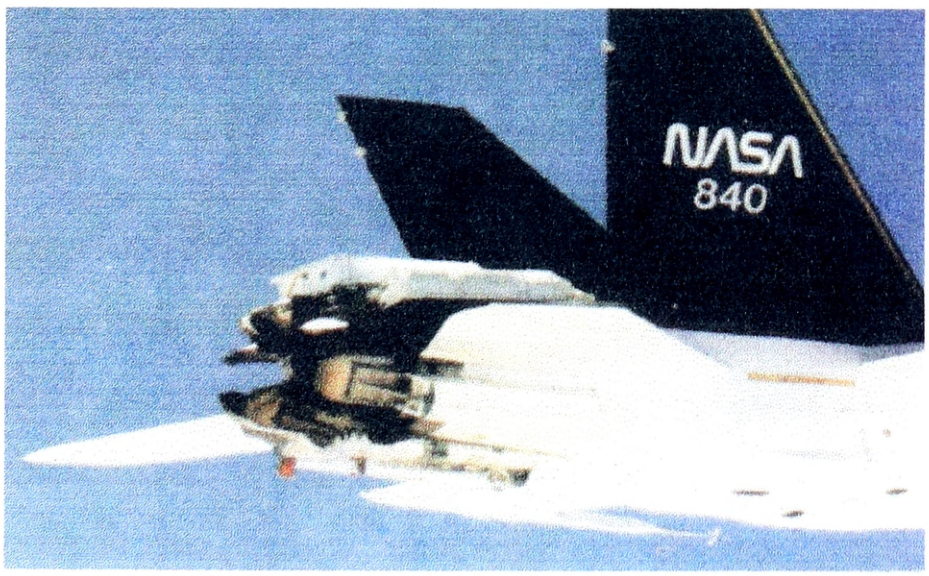
Prowadzone badania w tym zakresie potwierdzają wysoką, porównywalną z klasycznymi powierzchniami, skuteczność sterowania poprzez wektorowanie ciągu.



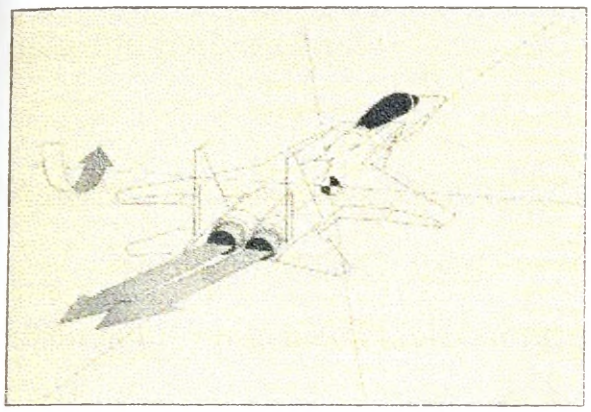
Rys. 3.11. Regulowana dysza wylotowa silnika Pratt & Whitnej



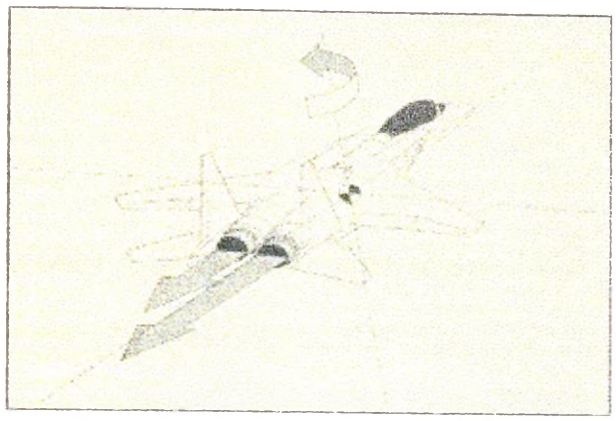
Rys. 3.12. Przykład dyszy dwuwymiarowej płaskiej



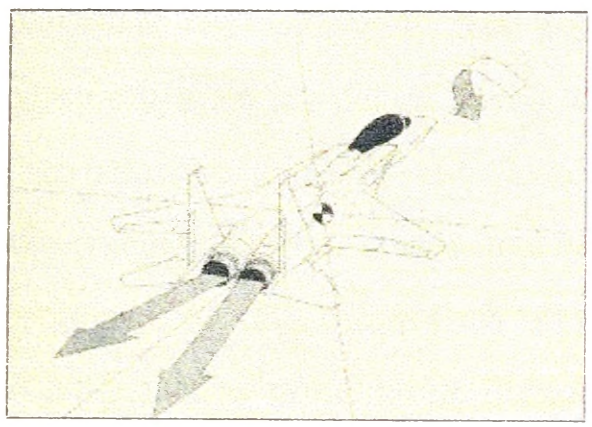
Rys. 3.13 Przykład dyszy z zewnętrznymi klapami sterującymi zastosowanej w między innymi na samolocie doświadczalnym Rockwell/MBB X-31 A



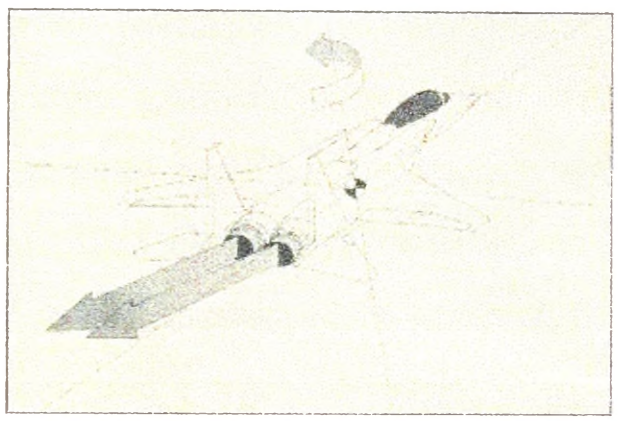
Odchylanie wektora ciągu
w płaszczyźnie pionowej
zmienia pochylenie



Odchylenie można realizować
różnicując siłę ciągu silników



Różnicowe wychylenie dysz
pozwala sterować przechyleniem



Pełną kontrolę uzyskuje się dzięki
odchylaniu dysz w poziomie

Rys. 3.14. Odchylanie wektora ciągu w samolocie dwusilnikowym pozwala na sterowanie statkiem powietrznym w trzech osiach[1]

W najnowszych konstrukcjach (np. X-36), sterowanie klasyczne zastąpiono całkowicie sterowanym wektorem ciągu. Samolot zyskał nowe, dotychczas nieistniejące możliwości pilotażowe oraz prowadzenia walki manewrowej.

Należy się spodziewać, że samoloty ze sterowanym wektorem ciągu, w większości przypadków będące modernizacją obecnie eksploatowanych konstrukcji (np F-16MATV, F-17ACTIVE, SU-37, MiG-35TV), będą

wprowadzane na uzbrojenie Sił Powietrznych Stanów Zjednoczonych i Rosji na początku XXI wieku.

Samoloty bezpilotowe (bezzałogowe)

Rozwój samolotu i jego systemów uzbrojenia, przy obecnym stosowanej technologii i inżynierii materiałowej, osiągnął granice swoich możliwości. Coraz częściej mówi się, że przy obecnie stosowanej technice lotniczej (niezwykle wyrafinowanej) większe szanse pełnej realizacji zadania bojowego ma ten pilot, który lepiej jest do niego przygotowany pod względem intelektualnym i psychofizycznym. Możliwości manewrowe współczesnych samolotów bojowych pozwalają na osiąganie tak dużych wartości przeciążeń, że czynnikiem ograniczającym ich dalszy wzrost nie jest struktura wytrzymałościowa płatowca lecz człowiek, pilot. W samolotach „wysokomanewrowych" wyposażonych w aktywne systemy sterowania, mamy do czynienia nie tylko z dużymi wartościami przeciążenia, ale z dużymi ich przyrostami w jednostce czasu (duże gradienty). Występujące w dostatecznie długim czasie, prowadzą z reguły do nagłej utraty świadomości przez pilota (znane od dawna zjawisko zarzutu przeciążenia). Brak jest więc pośrednich symptomów utraty świadomości występujących w samolotach z biernymi układami sterowania.

Dalszy wzrost manewrowości samolotów bojowych, wymaga zwiększenia tolerancji pilota na działanie dużych i szybko narastających przeciążeń, szczególnie przeciążeń normalnych (głowa-tułów) lub rezygnacji z załogi na rzecz samolotów bezpilotowych. Próby eliminacji tych ograniczeń prowadzone są poprzez:

- zmiany kierunku przeciążenia działającego na pilota,
- przedsięwzięcia związane m.in.: z opracowaniem nowych kombinezonów i zaworów przeciwprzeciążeniowych szybko reagujących na wzrost przeciążenia;

---

[1]Porównaj : K. Kolczyński. Sterowanie wektorem ciągu w samolotach myśliwskich. *Lotnictwo nr. 11. Listopad. 1993*

- budowę nowych foteli katapultowych,
- prowadzenie badań fizjologicznych i farmakologicznych oraz opracowywanie systemów kontroli pilota.

Według badań amerykańskiej firmy McDonnell Douglas wynika, że jeśli przeciążenie normalne wynoszące 7,5 stanowi próg „pociemnienia" w oczach, to przy zastosowaniu fotela odchylanego próg ten wzrasta o około 50%. Zastosowanie takiego fotela, przy zachowaniu dobrego oglądu kabiny, pozwala na zwiększenie właściwości manewrowych samolotu i wzrost efektywności pilota w bliskiej walce manewrowej. W tym celu np. w samolocie *F-16*, dotychczas stosowany kąt odchylenia fotela wynoszący 13 stopni zwiększono do 30 stopni. Kroplowa osłona kabiny pozwala na obserwację okrężną, kąt widzenia w bok 40 stopni (do dołu) i z przodu 15 stopni w dół. Dźwignię sterowania umieszczono na podłokietniku fotela, który jest regulowany w zależności od wzrostu pilota. Zmiana klasycznego drążka sterowego, umieszczonego centralnie, na dźwignię typu joystick, zabezpiecza płynne sterowanie w warunkach dużych przeciążeń.

Samolot myśliwski nowej generacji powinien być wyposażony w fotel z kątem odchylenia 60...65°. Pozwala to przy dużych kątach natarcia (20...25°) zmieniać kierunek działania przeciążenia (na pilota) praktycznie o 90°. Jest to jednak problem trudny nie tylko z punktu widzenia ergonomii kabiny, ale również praktycznie niemożliwe staje się katapultowanie załogi z uwagi na zapewnienie bezpiecznej wysokości toru lotu układu pilot-fotel nad usterzeniem pionowym. Problem ten rozwiązano w eksperymentalnym samolocie *AFTI* poprzez zabudowanie fotela o zmiennym (płynnie zmienianym) kącie odchylenia do wartości 65°. W fotel tego rodzaju wyposażono również najnowszy amerykański samolot myśliwski *F-22 Raptor*.

Mimo zastosowania tych wszystkich (bardzo ograniczonych) przedsięwzięć chroniących załogi współczesnych samolotów wysoko-

manewrowych pozostaje jeszcze kwestia strat tzw. „czynnika ludzkiego" w przypadku zwalczania obiektów w rejonach silnej obrony przeciwlotniczej.

Dynamiczny rozwój nie może więc ominąć samolotów bezpilotowych. Rozwój ich i użycie zostanie wymuszony zwiększającymi się kosztami i czasem szkolenia załóg latających. Godzina lotu nowoczesnego samolotu wojskowego kosztuje około 30.000...50.000 $. Jeśli przyjąć, że w ciągu lotu każdy pilot powinien wykonać loty treningowe o łącznym czasie trwania 150...200 godzin to trening ciągły wyszkolonego pilota kosztuje rocznie 4,5...10 milionów dolarów. Koszty te obejmują wartość zużywanego resursu samolotu, paliwa, środków rażenia, systemów zabezpieczenia i obsługi naziemnej, wydatki na utrzymanie lotnisk oraz wiele innych[1]. Zmniejszenie tempa wzrostu nakładów szkoleniowych można osiągnąć poprzez szersze wprowadzanie symulatorów do szkolenia i treningu. Jednak uzupełnienie strat wysoko wykwalifikowanym personelem w krótkim czasie jest praktycznie niemożliwe. W zależności od specjalności szkolenie trwa od kilku miesięcy do kilku lat[2]. Ponadto aby poprawnie i efektywnie funkcjonować w systemie obronnym państwa człowiek musi regenerować się fizycznie i psychicznie co pozostawia nie więcej niż 25 % czasu na wypełnianie jego zadań służbowych w skali roku.

Wprowadzenie do eksploatacji samolotów bezzałogowych dodatkowo ułatwi szybkie zwiększenie potencjału lotnictwa w przypadku zagrożenia wybuchem konfliktu zbrojnego.

---

[1] W. Świątnicki, Z Świątnicki Bronie inteligentne. Bellona Warszawa 1992, s. 202.

[2] porównanie z trudną sytuacją powstałą w 1 PLM w Mińsku Mazowieckim po jednoczesnym przejściu do rezerwy kilkunastu w pełni wyszkolonych pilotów w 1998 r lub wcześniejsze tego typu przypadki z innych jednostek bojowych może być dobitnym przykładem. – [przypis autora].

Wpływ stosowanych paliw na parametry masowe i osiągi samolotów

We współczesnych silnikach lotniczych wykorzystywanych do napędu samolotów bojowych jako paliwo najczęściej stosowane są ciekłe produkty destylacji ropy naftowej – głównie nafty lotnicze. Przeprowadzona analiza charakterystyk masowych[1] obecnie eksploatowanych samolotów bojowych skłania autora do wyrażenia poglądu, iż istnieją duże możliwości optymalizowania charakterystyk masowych (a poprzez nie zwiększenia efektywności taktycznej samolotu) zmniejszając udział paliwa w masie startowej samolotu. Wymaga to prowadzenia długich badań laboratoryjnych, a raczej ich kontynuacji.

Przyczyny ekonomiczne spowodowały, że już w latach 70-tych[2] niektóre ośrodki badawcze rozpoczęły prace badawcze mające na celu opracowanie paliw alternatywnych dla pochodnych ropy naftowej. Jednak problem poszukiwania możliwości wykorzystania paliw alternatywnych pozostaje aktualny również dzisiaj. Podstawowe dane niektórych paliw lotniczych przedstawione zostały w tabeli 3.3

---

[1] masa paliwa zabieranego przez samoloty poddane analizie parametrów masowych to około 20% masy startowej – porównaj rozdział 2.1 rozprawy.

[2] Światowy kryzys paliwowy wywołany w znacznej mierze znacznym skokiem cen dyktowanych przez arabskich producentów ropy jako forma nacisku polityczno-gospodarczego na kraje wysoko rozwinięte

Tabela 3.3. Podstawowe właściwości paliw lotniczych.[1]

Parametr • Paliwo	Gęstość d_4^{20} [2]	Wartość opałowa W[3] [kJ/kg]	Zawartość aromatów nie więcej niż [%]	Temperatura zapłonu [K]	Temperatura krystalizacji [K]
T-1	0,800	42,9		303	213
TS-1	0,775	43,1	15	303	213
RT	0,775	43,3	20	305	213
PSM-2	0,775	43,1	20	301	213
AKT	0,785	43,5	12,5	311	208
T-6	0,840	42,9	10	-	213
T-8	0,785	43,4	20	313	208
Jp-1	0,780	42,5		313	213
Jp-6	0,780	42,8		-	219
Jp-7	0,775	44,3	5	333	230
Jp-8	0,771	43,0	25	316	233
Jp-TS	0,763	43,0	20	316	-
B_5H_9	0,630	64,3	-	-	226
H_2	0,071	116,7	-	-	13,9
Cha	0,424	49,5	-	-	91

Różna wartość opałowa paliw wpływa w znaczący sposób ma osiągi samolotu. Paliwo o większej wartości opałowej pozwala na uzyskanie większego zasięgu lotu. Wartość opałowa będzie więc decydowała o zasięgu lotu w przypadku gdy udźwig jest ograniczony. Jeśli natomiast jest ograniczona objętość paliwa zabieranego na pokład samolotu wówczas istotnym parametrem jest wartość opałowa wyrażona na jednostkę objętości paliwa przy zachowaniu relacji pomiędzy tymi parametrami:

$$W_{obj.}^{t} = W \times \rho^{t}$$

---

[1] K. Górska, W. Górski Napędy lotnicze. Materiały pędne i smary WKiŁ Warszawa 1986, Poradnik inżyniera mechanika WNT Warszawa 1988.

[2] d_4^{20} D gęstość względna – gęstość paliwa w temperaturze 20°C (293 K) w stosunku do wzorca którym jest gęstość wody w temperaturze 4°C

[3] Wartość opałowa W jest ciepłem wydzielonym podczas reakcji spalania której produktem jest woda w postaci pary.

gdzie :

$W^{t}_{obj.}$ - wartość opałowa z jednostki objętości paliwa o temperaturze *t*

ρ^{t} - gęstość paliwa w temperaturze *t*

Wśród porównywalnych paliw (różne gatunki nafty lotniczej) można dostrzec istotne różnice wynikające ze składu chemicznego wpływające na parametry taktyczne (zasięg, promień taktyczny)[1]. Dla danej gęstości paliwa wartość opałowa jest tym większa im mniejsza jest w nim zawartość aromatów[2] (wyższy punkt anilinowy). Oznacza to, że paliwa o większej gęstości przy tej samej zawartości związków aromatycznych mają większe wartości opałowe. Modyfikacje paliw już eksploatowanych (poprzez wpływ na skład chemiczny) i opracowanie nowych ich rodzajów pozwoli na uzyskanie znacznej poprawy parametrów efektywnościowych. Dalsze możliwości ich poprawy w znacznie szerszym zakresie leżą zdaniem autora w powszechnym zastosowaniu paliw alternatywnych.

Jedną z możliwości jest zastosowanie **alkoholi: metylowego i etylowego** jako paliwa lotniczego do turbinowych silników lotniczych. W niektórych krajach paliwa te stosowane są jako dodatki do paliw lotniczych. Istnieją jednak przykłady stosowania ich jako paliwa zasadnicze lub choćby jako dopuszczalne zamienniki[3] . W chwili obecnej jednym z ograniczeń stosowania alkoholi jest ich mała wartość opałowa.

---

[1] Porównaj wpływ rodzaju paliwa na wskaźniki możliwości przestrzennych samolotu MiG-29 – M. Grzegorzewski Czasowe i przestrzenne uwarunkowania zastosowania bojowego samolotu MiG-29 *(rozprawa doktorska) AON Warszawa 1994.*

[2] Aromaty – związki węgla i wodoru o cyklicznej budowie i specjalnym charakterze wiązań między atomami węgla. W porównaniu z węglowodorami nasyconymi o tej samej liczbie cząsteczek węgla wykazują większą gęstość, wyższą temperaturę krzepnięcia i wrzenia oraz wyższe objętościowe ciepło spalania. Powodują gorszą stabilność termooksydacyjną

[3] Przykładem samolotu wykorzystującego zamiennie alkohol jako paliwo lotnicze jest samolot szturmowy Su-25 – porównaj opis konstrukcji w załączniku 3.

Metan jako główny składnik gazu ziemnego jest paliwem interesującym. Jego wartość opałowa z jednostki masy jest wyższa niż nafty lotniczej. Jednak ze względy na niższą o 35% wartość opałową z jednostki objętości stwarza konieczność zwiększenia objętości zbiorników paliwowych obniżając tym samym doskonałość aerodynamiczną samolotu. Dodatkowym problemem jest przechowywanie go w stanie ciekłym ze względu na konieczność zapewnienia niskich temperatur. Był jednak (i najprawdopodobinej pozostanie) przewidywany do napędu samolotów hipersonicznych.

Wodór jako paliwo charakteryzuje się trzykrotnie większą wartością opałową z jednostki masy niż nafta lotnicza. Wodór ma bardzo niską temperaturę wrzenia i zamarzania. Warto zauważyć, że koszt jednostki energii uzyskiwanej z wodoru jest obecnie porównywalny z kosztem energii otrzymywanej z nafty lotniczej. W przyszłości ta relacja może zmienić się jedynie na korzyść wodoru. Dodatkowo wodór należy zaliczyć do tzw. paliw odnawialnych.

Na obecnym etapie rozwoju techniki właśnie wodór charakteryzuje się najkorzystniejszymi właściwościami predysponującymi go do roli alternatywnego paliwa lotniczego. Jego korzystne cechy jako paliwa lotniczego odzwierciedla symulacja osiągów i możliwości samolotu poddźwiękowego i naddźwiękowego napędzanego wodorem w porównaniu z napędzanymi naftą lotniczą[1]. Zestawienie zobrazowuje jednocześnie wpływ zmniejszonej masy paliwa na parametry geometryczne samolotu niezbędne do uzyskania odpowiedniej siły nośnej.

---

[1] Wojskowy Przegląd Techniki i Logistyki nr 4/96.

Tabela 3.4. Wyniki symulacji zastosowania wodoru jako paliwa [1]

	Samolot poddźwiękowy Ma = 0,82		Samolot naddźwiękowy Ma = 2,7	
Udźwig [kg]	25400		22250	
Zasięg [km]	6300		7780	
Rodzaj paliwa	Nafta lotnicza	Wodór	Nafta lotnicza	Wodór
Masa startowa [kg]	195000	144000	340000	172000
Masa własna [kg]	107600	97400	142500	105250
Masa paliwa [kg]	62000	21200	177500	44500
Objętość paliwa [m^3]	82,7	313	234,7	636
Powierzchnia nośna [m^2]	321	263	100,5	70,4
Rozpiętość [m]	47	43	40,5	32,6
Ciąg /masa st. [daN/kg]	0,29	0,39	0,48	0,5
Jednostkowe zużycie paliwa [kg/daNh]	0,69	0,22	1,54	0,57

Pentaboran jako paliwo do silników lotniczych ma najkorzystniejsze właściwości cieplne spośród dotychczas rozpatrywanych paliw alternatywnych. Jego wartość opałowa zarówno z jednostki masy jak i z jednostki objętości są znacznie wyższe niż nafty lotniczej. Ponadto wykazuje się stabilnością w szerokim zakresie temperatur. Ze względu na wysokie koszty jego syntezy był rozważany głównie jako paliwo do napędu obiektów specjalnych.

[1] Symulacja dotyczyła samolotu transportowego, wyniki jej zostały jednak przytoczona jako oddające wagę problemu. Przypis autora

Modyfikacja i modernizacja jako kierunek rozwoju samolotów bojowych zwiększający efektywność wykorzystania lotnictwa

Towarzyszący dążeniu do zwiększania: prędkości maksymalnej i prędkości wznoszenia, zasięgu lotu, ciężaru użytecznego, własności eksploatacyjnych (niezawodności, prostoty obsługi technicznej i diagnostyki) oraz możliwości taktycznych samolotu rozwój konstrukcji lotniczych, a szczególnie osiągnięcia w dziedzinie aerodynamiki, konstrukcji silników lotniczych, materiałów umożliwiły zwiększenie czasu eksploatacji samolotów bojowych do 20 lat. Największy postęp nastąpił w dziedzinie wyposażenia radioelektronicznego, co jest szczególnie istotne, gdyż jego koszt wynosi około 1/3 wartości całego samolotu.

Podczas badań amerykańskich konstruktorów prowadzonych na przełomie lat 80-tych i 90-tych okazało się, że modernizacja i modyfikacja istniejących już typów samolotów wielozadaniowych jest bardziej opłacalna niż testowanie, a następnie produkcja nowych konstrukcji lotniczych.

Modernizacja samolotu w wyniku wyposażenia go w nowy typ silników będzie kosztować dwukrotnie mniej niż zakup nowego samolotu. Modernizacja wyposażenia samolotu jest uzasadniona w odniesieniu do samolotów wyprodukowanych w dużych ilościach, eksploatowanych od 10 do 30 lat i posiadających wytrzymały płatowiec. W ostatnich latach w wielu państwach przeprowadzana jest szeroko zakrojona modernizacja samolotów poprzez wymianę i zastosowania nowych typów wyposażenia pokładowego.

Propozycje modyfikacji wybranych elementów samolotu:

- wyposażenie kabiny;
- stacje radiolokacyjne;
- układy automatycznego sterowania;
- układy cyfrowego sterowania zespołem napędowym;
- układy sterowania kierunkiem wektora ciągu;
- układy dolotowe silnika;
- przednie usterzenie poziome;

– pokrycie aluminiowo-litowe skrzydeł.

Przykładem udanej modernizacji jest samolot F-15 Eagle. Myśliwiec ten pierwotnie był samolotem jednomiejscowym, o dwóch silnikach i masie startowej 25424 kg. Samolot F-15 A wyposażony jest w jedno działko, cztery rakiety Sparrow i cztery rakiety Sidewinder o i posiada ogólny udźwig bojowy wynoszący 1300 kg.

Natomiast F-15 E jest samolotem dwumiejscowym i posiada masę startową o 45% większą od F-15 A, udźwig bojowy stanowiący prawie 1/3 udźwigu samolotu bombowego B1, przy czym masa pustego samolotu praktycznie nie uległa zmianie. Należy się spodziewać, że okres eksploatacji tego samolotu wydłuży się do 30 lat.

Historia modernizacji F-15 Eagle jest bardzo interesująca. Pierwszy, główny program unowocześnienia F-15 A i F-15 B dotyczył zastosowania na wyżej wymienionych samolotach zbiorników paliwa typu FAST PACK, zapewniających zwiększenie ilości zabieranego na pokład paliwa do 44.427 kg, a tym samym zwiększenie zasięgu działania samolotu.

Na wersjach F-15 C i F-15 D została zastosowana stacja radiolokacyjna o ulepszonych charakterystykach. Kolejne unowocześnienie samolotu F-15 obejmowało modyfikację komputera pokładowego, oprogramowania układu kierowania uzbrojeniem z możliwością wykorzystania rakiet kierowanych AIM-1200 (AMRAAM), rakiety antysatelitarnej ASAT i jednolitego systemu dystrybucji danych o sytuacji taktycznej JTIDS. Pojemność pamięci komputera stacji radiolokacyjnej została zwiększona do jednego miliona słów, a prędkość obróbki sygnałów radiolokacyjnych zwiększona trzykrotnie (do 1,4 miliona operacji na sekundę). Ocenia się, że realizacja tego unowocześnienia zwiększyła niezawodność stacji radiolokacyjnej o 25%, a modyfikacja centralnego komputera spowodowała czterokrotne zwiększenie pamięci.

Na początku 1984 roku rozpoczęto seryjną produkcję dwumiejscowego wielozadaniowego myśliwca F-15 E. Samolot przeznaczony jest do wykonywania

operacji uderzeniowych dalekiego zasięgu przy pełnym udźwigu bojowym w każdych warunkach atmosferycznych. Powinien on wykonywać 70% operacji w celu izolacji pola walki i 30% operacji związanych z walką powietrzną. Zapewnia on ponadto wykrywanie i jednoczesne śledzenie dużej liczby celów, dokładniejsze rozpoznanie celu i posiada lepsze charakterystyki lotno-techniczne. Jego konstrukcja jest w 96% analogiczna jak F-15 a, w 87% stosowane są te same części zamienne. W drugiej kabinie załogi tego samolotu zamontowano wyposażenie operatora systemu uzbrojenia klasy powietrze-ziemia (ogólna ilość zewnętrznych węzłów podwieszeń wynosi 15). Wzmocnienie konstrukcji płatowca F-15 E umożliwi wykonywanie lotów z przeciążeniem do 9. Zwiększenie masy startowej F-15 E spowodowało konieczność opracowania silnika F-100-PW-220. Zastosowanie cyfrowego układu sterowania silnikiem zębatej pompy paliwowej zapewni znaczną poprawę charakterystyki obrotowej silnika, jego stabilną pracę na wszystkich zakresach prędkości w czasie lotu jak również zmniejszenie pracochłonności jego obsługi technicznej. Czas akceleracji silnika od obrotów małego gazu do maksymalnego dopalania wynosi 4 s (został skrócony o 40%).

Resurs gorącej części silnika F-100-PW-220 został zwiększony i winien zapewnić 9-letni okres używalności silnika do kapitalnego remontu.

Koncern General Dynamics dokonał modyfikacji samolotów F-16. Zmodyfikowana wersja tego samolotu otrzymała oznaczenie F-15C/D i została skierowana do produkcji seryjnej. Nie zaprzestano jednak realizacji programu związanego z modyfikacją F-16 ponieważ przedstawia on sobą duże możliwości funkcjonowania i wykorzystania w przyszłości.

Przykładów udanych modyfikacji samolotów jest znacznie więcej. Technika lotnicza jest dziedziną w której wiele może się zmienić, a modyfikacje i modernizacje istniejących samolotów to jedna z dróg pozytywnych zmian.

***

Autor uważa, że na podstawie przeprowadzonych analiz ma wystarczające podstawy do wyrażenia poglądu, że wymagania przyszłego pola walki z punktu widzenia państw średniej wielkości[1] o znacznie ograniczonych możliwościach finansowych (np. takich jak Polska) najbardziej uzasadnione jest posiadanie lekkich jednosilnikowych samolotów wielozadaniowych wykonanych w znacznej części z materiałów kompozytowych. Ich możliwości bojowe wyrażone efektywnością taktyczną (w tym kosztami pozyskania i eksploatacji) powinny odpowiadać dzisiejszym samolotom klasy F-16C i JAS-39 Gripen łącząc w sobie cechy samolotów myśliwskich i szturmowych. Niecelowym natomiast wydaje się rozwijania wysoko wyspecjalizowanych konstrukcji przydatnych tylko i wyłącznie do jednego rodzaju zadań. Uzupełnieniem ich powinny być oparte na samolotach szkolno-bojowych proste i relatywnie tanie samoloty pola walki (szturmowe) klasy AMX i Hawk (Goshawk) w przyszłości (perspektywa 15...20 lat) zastępowane samolotami bezzałogowymi lub badanymi obecnie JSF[2]. Należy mieć również świadomość, że samoloty bardzo zaawansowane technologicznie i faktycznie nie sprawdzone w warunkach bojowych (odpowiedniki budzącego dziś zachwyt F-22) nie będą jeszcze długo (a być może nigdy) w powszechnym użyciu. Nie będzie to spowodowane ich wysoką ceną, lecz w głównej mierze traktowaniem ich jak broń, której nie oferuje się nawet najbliższym sojusznikom. Warto przypomnieć w tym miejscu pozostający przez lata w „ukryciu" F-117A czy SR-71A.

---

[1] Państwo w którym liczba ludności wynosi 5...50 mln. , o powierzchni 100...500 tyś. km^2 B. Balcerowicz *Strategia obronna państwa średniej wielkości*. Zeszyty Naukowe AON nr 4.

[2] Joint Strike Fighter.

ZAKOŃCZENIE

Wartość bojowa podczas działań zbrojnych samolotu wojskowego w niniejszej rozprawie określana **„efektywnością taktyczną samolotu"** jest, jak to wyraźnie wykazały badania prowadzone przez autora funkcją bardzo wielu różnorodnych czynników. Grupując je można wykazać ogromny wpływ na nią takich głównych czynników jak :

- parametry (kryteria) : lotne, techniczne i taktyczne;
- poziom wyszkolenia pilota-operatora (lub w niektórych przypadkach załogi-operatorów);
- system dowodzenia i kierowania;
- system zabezpieczenia logistycznego - determinujący gotowość do wykonania zadania poprzez wpływ na czas jej odtworzenia.

Badania autora wykazały, że problem naukowy jest bardziej złożony niż zakładał w pierwszej fazie realizacji pracy (określenie celów i obszaru badań). Cóż doświadczenie badawcze zdobywa się w trakcie pracy nad rozwiązywaniem konkretnych problemów i nie można „nauczyć się tego" czytając o pracach prowadzonych przez inne osoby, czy tylko prowadząc z nimi dyskusje. Potrzebne są do tego wielokrotne próby samodzielnego poszukiwania rozwiązań wielu różnorodnych problemów. Dopiero wówczas na wstępnym etapie można przewidzieć i ogarnąć całą złożoność zagadnienia

Autor uważa dziś, że celowym jest podczas dalszych prac nad oceną lotnictwa posługiwać się terminem **„efektywność taktyczna układu pilot-samolot"** i ma równocześnie świadomość, że nadal będzie to ograniczenie obszaru badań tylko do wąskiego wycinka. Świadomość tego, że efektywność tak określonego układu jako prawdopodobieństwo wykonania postawionego przed nim zadania nigdy nie będzie większa niż prawdopodobieństwo przydatności do niego (efektywność) najsłabszego (najbardziej zawodnego) elementu. Oczekiwać

należy wartości nie mniejszej niż 0.85 (w przypadku samolotu bojowego), gdyż w przeciwnym przypadku sens jego wykorzystania może budzić poważne wątpliwości. Oznacza to, że samolot określony jako efektywny (na wystarczającym poziomie) w sposób określony przez autora w konkretnym przypadku nie musi spełnić stawianych przed nim oczekiwań. Splot wielu czynników zewnętrznych (stan pilota, warunki działań, przeciwdziałanie, potencjał przeciwnika i inne) może wpłynąć na nieskuteczność jego użycia.

Rozległość obszaru badań zmusiła autora do weryfikacji wcześniejszych zbyt ambitnych zamierzeń i do ograniczenia badań do wybranego fragmentu jakim były badania nad zgodnością osiągów samolotu i jego parametrów taktyczno-technicznych (zdeterminowanych przez względne parametry masowo-geometryczne) z wymaganymi do realizacji zadania taktycznego. Same wymagania, do których autor się odnosił w poszukiwaniu optymalnych typów samolotów określone zostały w postaci wzorców wynikających z analizy trendów rozwojowych konstrukcji lotniczych (wymuszonych postępem naukowo-technicznym i technologicznym) oraz oczekiwań użytkowników (zarówno tych stawiających zadanie jak i bezpośrednio je realizujących.

W wyniku przeprowadzonych badań, a w tym analiz, ocen, porównań i obliczeń statystycznych obejmujących wpływ czynników masowo-geometrycznych samolotów na ich efektywność taktyczną sformułowano następujące wnioski ogólne (konkluzje) :

1. Parametry masowe i geometryczne samolotów są wynikiem obiektywnych konieczności fizycznych a nie wielkościami pożądanymi z punktu widzenia efektywności taktycznej. Rozumie się przez to, że samolot o wydatnych parametrach geometrycznych i znacznej masie może być ale nie zawsze jest efektywny taktycznie.
2. Samolot o znacznych wymiarach (rozmiarach) geometrycznych z natury rzeczy jest bardziej kontrastowy radiolokacyjnie i wobec tego wcześniej

wykrywany przez środki OPL przeciwnika i częściej bywa niszczony z większą skutecznością niż samolot o mniejszych gabarytach.

3. Masa i gabaryty samolotu powinny być możliwie najmniejsze, a ich minimalne parametry (wartości) należy traktować jako niezbędne z punktu widzenia technicznego i technologicznego dla zapewnienia im niezbędnego udźwigu użytecznego (środków bojowych) oraz parametrów aerodynamicznych (lotnych).
4. Istnieje fizyczna, w znaczeniu technicznym, zależność pomiędzy masą i gabarytami samolotu, a jego udźwigiem, charakterystykami lotnymi (manewrowymi) i efektywnością taktyczną . Efektywność mierzona parametrami: prędkością maksymalną, maksymalnym pułapem, bądź masą udźwigu środków rażenia w końcu XX wieku straciła swe pierwotne znaczenie.
5. Samoloty o dużej masie, charakteryzujące się udźwigiem kilkunastu lub kilkudziesięciu ton środków rażenia (na przykład B-52) nie zawsze są równie skuteczne jak samolotoy przenoszące ładunki kilkusetkilogramowe lub co najwyżej kilkutonowe ale kierowane bądź samonaprowadzające się.
6. Z powyższego wynika, że ocenianie cech gabarytowo-masowych współczesnych samolotów w oderwaniu od środków rażenia stosowanych do ich uzbrajania może prowadzić do błędnych konkluzji. Stwierdza się jednak, że kierowane środki rażenia i samonaprowadzające są zbyt kosztowne aby móc stosować je wyłącznie w działaniach wojennych. Dlatego też nawet bogate państwa w swym arsenale uzbrojenia posiadają różne rodzaje i grupy środków rażenia.
7. Postulaty zmierzające do wyeliminowania klasycznych (balistycznych środków rażenia są na razie przedwczesne. W wojnie przeciwko Irakowi oraz na Bałkanach zdarzało się, że rakietami o wartości setek tysięcy dolarów atakowano bezwartościowe pojazdy wojskowe lub wprost atrapy. W zadaniach bojowych polegających na niszczeniu obiektów o znacznych

rozmiarach (infrastruktura) bomby balistyczne są nadal najefektywniejszymi środkami rażenia.

8. Istnieje ścisła zależność pomiędzy parametrami masowo-geometrycznymi, efektywnością samolotu oraz kosztami produkcji (zakupu) i eksploatacji. Wraz ze wzrostem rozmiarów i mas komplikuje się proces konstruowania i technologia produkcji. Utrata w działaniach bojowych lub podczas szkolenia samolotu o wielkich gabarytach i masie obniża wydatnie potencjał bojowy sił powietrznych, które dysponują takimi samolotami. Spektakularne zatopienie flagowego okrętu brytyjskiego Hood, pancernika niemieckiego Bismarck, a wcześniej pancerników i lotniskowców amerykańskich oraz japońskich było każdorazowo przyjmowane nie tylko w kategoriach strat bojowych, ale także stanowiło ważkie epizody psychologiczne II wojny światowej. W zasadzie bez większego echa przechodziły zatopienia dziesiątków niszczycieli, fregat i innych okrętów. Autor nie widzi prostej analogii pomiędzy samolotami i okrętami ale związki pośrednie są niewątpliwe. Samolotami o wielkich gabarytach i masie dysponują potęgi militarne i ekonomiczne. Wprawdzie Rosja nie jest potężnym ekonomicznie ale dziedziczy bombowce strategiczne po byłym ZSRR.
9. W 85 – letniej historii lotnictwa wojskowego dominowały różne tendencje co do budowy bojowych samolotów wojskowych. Niepowodzeniem kończyły się próby badania samolotów uniwersalnych, bowiem osiągały one nadmierne gabaryty i masę przy braku wystarczającej zwrotności. Ostatecznie utrwaliła się zasada konstruowania samolotów przeznaczonych do wykonywania wyodrębnionych zadań bojowych. Ugruntował się podział na samoloty myśliwskie, rozpoznawcze, myśliwsko-bombowe (myśliwsko-szturmowe), szturmowe oraz różne kategorie samolotów bombowych. Pierwsze z wymienionych miewają wspólne elementy konstrukcyjne a więc masowe i geometryczne, ale różnią się uzbrojeniem i wyposażeniem pokładowym. Można rzec więcej. Tylko amerykanie zbudowali kolejny typ bombowca -

B-52. Inne państwa łącznie z Rosją nie podejmują takich działań. Można zatem stwierdzić, że tendencją dominującą jest zmniejszanie parametrów masowo-geometrycznych samolotów kolejnych generacji.

10. Niewątpliwie nowym zjawiskiem jest rezygnowanie z budowania samolotów rozwijających rekordowe prędkości maksymalne i pułapy lotów, a nawet cechujące się coraz wyższymi udźwigami użytecznymi środków rażenia. Przykładem może być samolot Su-24M4 rozwijający $Ma_{max.}$ =1,6 podczas gdy jego poprzednik Su-20 rozwijał $Ma_{ma.}$ =2,0. Zawołanie: „szybciej, wyżej" utrzymano tylko wobec samolotów myśliwskich.
11. Parametry masowo-geometryczne stanowią współcześnie pochodną wymagań trwałościowych, ekonomicznych i efektywnościowych. Rywalizacja trwa aktualnie w dziedzinie wyposażenia zapewniającego użytkowanie samolotów bojowych w różnych porach doby i warunkach atmosferycznych, oraz zapewniającego skuteczne realizowanie zadań bojowych.
12. Wraz z rozwojem elektroniki samolotów i automatyzowaniem procesów ich pilotowania coraz większa uwaga kierowana jest na samoloty bezpilotowe. Obecność na pokładzie samolotu nawet jednej osoby wydatnie zwiększa gabaryty i masę. Nie chodzi przy tym wyłącznie o przestrzeń dla załogi i jej masę własną, ale o szereg podsystemów które muszą być instalowane wraz z załogą (np. fotel katapultowy). Uzasadniona jest opinia, że będzie rosła rola samolotów bezpilotowych w znaczeniu efektywności i niezawodności. Można spodziewać się, że w ciągu kilku lat w ofercie handlowej samolotów bojowych znajdzie się szeroki asortyment samolotów bezzałogowych.
13. Do pojęcia gabarytów należą tez cechy szczególne samolotów. Przykładem są gabaryty „niewidzialnego" samolotu F117B. Dla uzyskania nikłej kontrastowości tego samolotu zrezygnowano z parametrów aerodynamicznych, a nawet podstawowych parametrów efektywności taktycznej. Wymieniony samolot rozwija względnie małą prędkość maksymalną i przenosi niską masę użyteczną. Przykład ten świadczy, że dla

jednej konkretnej cechy („niewidzialności") rezygnuje się z rozmiarów, kształtów i masy lub zwiększa się te parametry.

Przeprowadzona analiza konstrukcji lotniczych eksploatowanych obecnie oraz wprowadzanych do uzbrojenia sił powietrznych pozwala na określenie zasadniczych cech i wymagań w stosunku do współczesnych samolotów bojowych. Są to:

* Wysoka manewrowość i dynamika ruchu samolotu - osiągnięta poprzez optymalny dobór względnych parametrów (współczynników) masowo-geometrycznych z zastosowaniem nowych (?) materiałów [wzrost $\left(\frac{K}{G}\right)$ decydujący o manewrowości w płaszczyźnie pionowej, zmniejszenie $\left(\frac{G}{S}\right)$ decydujące o manewrowości w płaszczyźnie poziomej]. Zwiększenie jej często będzie możliwe poprzez zastosowanie sztucznej stateczności samolotu i sterowania typu „fly-by-wire".
* Odejście od wysoce wyspecjalizowanych ciężkich, dużych i kosztownych samolotów na rzecz lekkich samolotów (o maksymalnej masie startowej nie przekraczającej 20.000 kg) zaprojektowanych i wykonanych jako samoloty wielozadaniowe.
* Uzupełnienie lekkich wielozadaniowych samolotów konstrukcjami szkolno-bojowymi o silnym uzbrojeniu podwieszanym, umożliwiających wykonywanie zadań wsparcia lotniczego (zadań szturmowych), szkoleniowych i zapewniających warunki treningu załóg latających przy niskich kosztach eksploatacji (i zakupu).
* Uproszczona obsługa pozwalająca na uzyskanie wysokiego współczynnika gotowości dzięki budowie opartej na modułach (stosunkowo łatwa i szybka wymiana w przypadku uszkodzenia). System obsług bieżących oparty na diagnostyce i sygnalizacji uszkodzeń i niesprawności (a nawet sygnalizacji zmiany parametrów i obciążeń konstrukcji) pozwalający na

eksploatację według stanu technicznego bez kosztownych prac okresowych związanych z resursem. Efektem tego powinna być eksploatacja zapewniające maksymalny czas obsługi w przedziale 2...5 godzin na godzinę lotu, czas funkcjonowania bez awarii minimum 10 godzin oraz czas odtworzenia gotowości bojowej w czasie około 10 minut.

Dodatkowo należy zwrócić uwagę na to, iż przyjęta metodyka oceny efektywności taktycznej samolotu (dobór kryteriów przydatności) jest bardzo prosta, a mimo to pozwala na określenie przydatności dla użytkownika istniejących już konstrukcji (samolotów) oraz określić przydatność wyeksploatowanych konstrukcji pod kątem ich modernizacji jako znacznie tańszego niż zakup sposobu pozyskania samolotów dla sił powietrznych .
Istnieje również możliwość wykorzystania przyjętej metody oceny do określenia wstępnych warunków taktyczno-technicznych (WWTT) na etapie konstrukcji nowych samolotów.

Te i inne aspekty efektywności taktycznej samolotów będą stanowić przedmiot dalszych dociekań i badań naukowych autora.

BIBLIOGRAFIA

1. Błaszczyk J.: *Aerodynamiczno-konstrukcyjne problemy rozwoju lotnictwa myśliwskiego.* Przegląd WLOP nr 10, 1995.
2. Błaszczyk J. Olejnik A. Zalewski P.: *Tendencje rozwoju samolotów myśliwskich w świetle analizy statystycznej ich parametrów technicznych i osiągów w locie.* IV Międzynarodowe Sympozjum Naukowo-Techniczne nt. *"Rozwój techniki wojskowej"*, Gdynia 24-26.09.96.
3. Błaszczyk J., Sibilski K.: *Niewidzialne samoloty ?* Bellona, Warszawa 1996.
4. Błaszczyk J., Skomra S. i in.: *Analiza porównawcza samolotów bojowych typu: F-16, F/A-18 Hornet, JAS-39 Gripen, MiG-29M i Mirage 2000-5.* WAT, Warszawa 1996.
5. Błaszczyk J., Zalewski P., *Koncepcja współczesnego wielozadaniowego samolotu bojowego.* Przegląd WLOP nr 11, 1996.
6. Błaszczyk J., Zalewski P.: *Współczesne samoloty myśliwskie - analiza ich parametrów technicznych i osiągów w locie.* Przegląd WLOP, 1996.
7. Borgoń J., Jaźwiński J.,:*Niezawodność eksploatacyjna i bezpieczeństwo lotów.* WKiŁ, Warszawa 1989.
8. Borowiec P. Orkisz M. Szurnik M.: *Studium symulacyjne manewrowości w płaszczyźnie pionoewj samolotu myśliwskiego z napędem o sterowanym wektorze ciągu na przykładzie samolotu MiG-29.* Prace Instytutu Lotnictwa Nr 152. Warszawa 1998.
9. Bramski S.: *Polski przemysł lotniczy na tle światowego przemysłu aerokosmicznego i potrzeb obronnych Rzeczypospolitej Polskiej. (rozprawa doktorska)* AON, Warszawa 1995.
10. Bramski S.: *Rola lotnictwa i przemysłu lotniczego w zapewnieniu stanu bezpieczeństwa Polski. Materiały do Raportu o Stanie Bezpieczeństwa Narodowego* Polski Instytut Spraw Międzynarodowych, Warszawa 1992.
11. Bramski S. Świątnicki W.: *Samoloty wojskowe potrzebne Rzeczypospolitej.* Prace Instytutu Lotnictwa nr 174, Warszawa 1996.
12. Braybrook R.: *Aircraft Design Philosophy Lee Begin of Northrop.* Air International 1983, nr 6, s.296-302.
13. Cichosz E.: *Rozwój samolotów naddźwiękowych.* WKiŁ, Warszawa 1980.
14. Czmur S.: *Walka o panowanie w powietrzu*, MON, Warszawa 1988
15. Dzięciołowski T.: *Stan i kierunki rozwoju polskiego lotnictwa wojskowego. (rozprawa doktorska)* AON, Warszawa 1994.
16. *Eurofighter 2000 Securing the future.* British Aerospace Defence Limited, Warton, 1995.
17. *Fighting Falcon Program Overview.* Lockheed Martin, Forth Worth Texas USA, December 1995.
18. Glass A.: *Samoloty '94.* NOT-SIGMA Warszawa 1994.
19. Gotowała J.: *Splątane wiraże. Taktyka walk i bitew powietrznych lotnictwa myśliwskiego wczoraj, dziś i jutro.* Bellona, Warszawa 1992.

20. Gotowała J.: *Kamieniem z nieba. Lotnictwo bojowe w konfliktach lokalnych.* Bellona, Warszawa 1994.
21. Górska K. Górski W.: *Napędy lotnicze. Materiały pędne i smary.* WKiŁ Warszawa 1986.
22. *Gripen, System and Technical Description.* Saab Scania, Sweden, June 1995.
23. Grzegorzewski M.: *Czasowe i przestrzenne uwarunkowania zastosowania bojowego samolotu MiG-29 (rozprawa doktorska)* AON, Warszawa 1994.
24. Grzegorzewski J.: *Współczesne samoloty myśliwskie. Biblioteka Skrzydlatej Polski, WKiŁ, Warszawa 1988.*
25. Gunston B., Spick M., Makowski T.: *Współczesne samoloty bojowe.* Salamander Books Ltd., 1991.
26. *Ilustrowany Leksykon Lotniczy. Osprzęt i radioelektronika.* WKŁ, Warszawa 1990.
27. Jaźwiński J. Wieremiejczyk W.: *Podstawy eksploatacji samolotów. Poradnik.* MON,Warszawa 1978.
28. Kaczmarek W. Ścibiorek Z. *Przyszła wojna – jaka?* BUWiK, Warszawa 1995.
29. Karpowicz J.: *Profile lotów i wartości taktycznego promienia działania wybranych typów samolotów bojowych. -(Materiały pomocnicze do ćwiczeń).* WSOSP, Dęblin 1997.
30. *Komunikaty rozpoznawcze DWLiOP* 1993÷95.
31. Koziej St.: *Teoria sztuki wojennej.* Bellona, Warszawa 1993.
32. Królikiewicz T.: *Nowoczesny samolot wojskowy* Warszawa 1991.
33. Krzemiński Cz.: *Ewolucja walki powietrznej*, Skrzydlata Polska nr 23, 1977
34. *Leksykon wiedzy wojskowej.* Warszawa, 1979.
35. Makowski P. Rękas St.: *Ocena efektywności systemów uzbrojenia lotniczego podczas zwalczania celów powietrznych i naziemnych.* AON, Warszawa 1993.
36. Makowski R.: *Uzbrojenie lotnicze. Część I. Broń lotnicza. Podręcznik*, DWL, Poznań 1989
37. Migdalski J. i in.: *Poradnik niezawodności. Podstawy matematyczne.* WEMA, Warszawa 1982.
38. *Mirage 2000-5, Technical Information.* Dassault Aviation, France November 1995.
39. Olejnik A. i in.: *Analiza porównawcza współczesnych samolotów myśliwskich i myśliwsko-bombowych.* WAT, Warszawa 1995.
40. Orkisz M.: *Ocena własności manewrowych samolotu za sterowanym wektorem ciągu na podstawie badań samolotu MiG-29. III Sympozjum Naukowe Problemy techniczno eksploatacyjne w kształceniu pilotów.* Dęblin 1996 .
41. Orkisz M. Zugaj A.: *Modyfikacje współczesnych samolotów w siłach powietrznych USA* WOSL, Dęblin 1992.
42. Przedpełski A.: *Lotnictwo Wojska Polskiego 1918-1996.* Bellona, Warszawa 1997.

43. *Rafale,* Dassault Aviation. France June 1995.
44. *Słownik wyrazów obcych.* PWN, Warszawa 1980.
45. Smykla I. *Efektywność I-22 na tle współcześnie eksploatowanych samolotów szkolno-bojowych.* BI WOSL, Dęblin 1995.
46. Smykla I. *Efektywność taktyczna samolotów szkolno-bojowych wykorzystywanych jako samoloty bezpośredniego wsparcia lotniczego (szturmowe) III Sympozjum Naukowe nt.: Problemy techniczno-eksploatacyjne w kształceniu pilotów.* WSOSP, Dęblin 1996.
47. Smykla I. i in. *Możliwości wykonywania uderzeń na typowe obiekty pola walki w aspekcie wykorzystania uzbrojenia i zdolności manewrowych samolotu. (opracowanie metodyczne).* WOSL, Dęblin 1993.
48. Smykla I. *Prognozy rozwoju samolotów szkolno-bojowych wykorzystywanych w szkoleniu pilotów wojskowych. III Ogólnopolska Konferencja Naukowa nt.: Systemy satelitarne i symulacyjne w lotnictwie* WOSL, Dęblin 1994.
49. Smykla I.: *Projekt wstępny samolotu szkolno-bojowego. (praca magisterska)* WAT, Warszawa 1993.
50. *Strike Fighter, F/A-18 International Team Hornet.* U.S. Navy, November 1995.
51. Szczeciński St.: *Sterowanie wektorem ciągu samolotów bojowych* WPTiL 4, 1995.
52. Szulc. S.: *Metody statystyczne.* NOT, Warszawa 1982.
53. Szlachcic B.A.*: Analiza kosztów eksploatacji i użycia bojowego samolotu wielozadaniowego.* Przegląd WLiOP Luty 1999
54. Szymański R.: *Lotnictwo myśliwskie - współczesność i perspektywy.* AON, Warszawa 1995.
55. Świątnicki W.: *Podstawy metodyki oceny jakości lotnictwa frontowego i wykorzystania ocen jakości do celów taktyczno-operacyjnych. (rozprawa habilitacyjna).* ASG, Warszawa 1980.
56. Świątnicki W. Świątnicki Z. *Bronie inteligentne.* Bellona, Warszawa 1992.
57. Świątnicki W. Zabłocki E.: *Samolot pola walki - wsparcia wojsk (szturmowiec).* AON, Warszawa 1995.
58. Taylor J.W.R.: *Jane's All the World's Aircraft.* Rocznik 1994/95.
59. Zabłocki E.: *Taktyka Lotnictwa Myśliwskiego OPK.* ASG WP, Warszawa 1989.
60. Zabłocki E. *Siły Powietrzne w systemie obronnym państwa.* AON, Warszawa 1994.
61. Zajas St.: *Ogólna teoria użycia lotnictwa szturmowego.* AON, Warszawa 1995.
62. Zajas St.: *Podstawy użycia lotnictwa szturmowego.* AON, Warszawa 1993.
63. Zajas St.: *Współczesne lotnictwo szturmowe A-10A i Su-25. Porównanie samolotów i taktyki.* AON, Warszawa 1996.
64. Żurek J.: *Problemy gotowości techniki lotniczej. Problemy badań i eksploatacji techniki lotniczej.* ITWL, Warszawa 1993.

ZAŁĄCZNIKI

Załącznik 1

WYŻSZA SZKOŁA OFICERSKA SIŁ POWIETRZNYCH
KATEDRA TECHNIKI LOTNICZEJ

KWESTIONARIUSZ ANKIETY

Do tematu : EFEKTYWNOŚĆ TAKTYCZNA SAMOLOTÓW W ASPEKTACH MASOWO-GEOMETRYCZNYCH .

Szanowny Respondencie !

Pytania zawarte w niniejszej ankiecie mają służyć do określenia wymagań wobec parametrów taktycznych i technicznych wobec projektowanych (konstruowanych) samolotów . Zebrane opinie pozwolą nam sformułować i zweryfikować czynniki mające wpływ na efektywność taktyczną (jakość) współczesnych samolotów wojskowych.

Uprzejmie prosimy o wyrażenie swojej opinii na nurtujące nas problemy poprzez wybranie i zaznaczenie w dowolny sposób jednej ze zbioru odpowiedzi.

Z góry serdecznie dziękujemy !

Dęblin
1996

SAMOLOTY MYŚLIWSKIE

1. **Powinny charakteryzować się prędkością maksymalną $V_{max.}$ rzędu :**
   a. $V_{max.} \leq 1000$ km/h ;
   b. $V_{max.} \leq 1500$ km/h ;
   c. $Ma \leq 2.0$;
   d. $Ma > 2.5$.
2. **Określ do jakich granic można obniżyć $V_{max.}$ na korzyść technologii stealth (zmniejszenia Skutecznej Powierzchni Odbicia) :**
   a. 800 km/h ;
   b. 1000 km/h ;
   c. 1200 km/h ;
   d. 1500 km/h .
3. **Powinny charakteryzować się prędkością minimalną $V_{min.}$ (decydującą o długości rozbiegu i dobiegu) rzędu :**
   a. $V_{min.} \leq 200$ km/h ;
   b. $V_{min.} \leq 250$ km/h ;
   c. $V_{min.} \leq 300$ km/h ;
   d. $V_{min.} \leq 350$ km/h ;
4. **Powinny charakteryzować się maksymalną długotrwałością lotu T (czasem dyżurowania) rzędu :**
   a. $T \leq 1.0$ h ;
   b. $T \leq 1.5$ h ;
   c. $T \leq 2.0$ h;
   d. $T > 2.0$ h.
5. **Powinny charakteryzować się średnim promieniem taktycznym $R_{takt.}$ rzędu:**
   a. 400 km ;
   b. 500 km ;
   c. 600 km ;
   d. $R > 600$ km..
6. **Powinny charakteryzować się zdolnością rażenia w jednym wylocie celów powietrznych w liczbie :**
   2 3 4 5 6 7 8 9 10

SAMOLOTY MYŚLIWSKO-BOMBOWE

7. **Powinny charakteryzować się prędkością maksymalną $V_{max.}$ rzędu :**
   a. $V_{max.} \leq 1000$ km/h ;
   b. $V_{max.} \leq 1500$ km/h ;
   c. $Ma \leq 2.0$;
   d. $Ma > 2.0$.

8. **Określ do jakich granic można obniżyć $V_{max.}$ na korzyść technologii stealth (zmniejszenia Skutecznej Powierzchni Odbicia) :**
   a. 800 km/h ;
   b. 1000 km/h ;
   c. 1200 km/h ;
   d. 1500 km/h .
9. **? Powinny charakteryzować się prędkością minimalną $V_{min.}$ (decydującą o długości rozbiegu i dobiegu) rzędu :**
   a. $V_{min.} \leq 250$ km/h ;
   b. $V_{min.} \leq 300$ km/h ;
   c. $V_{min.} \leq 350$ km/h ;
   d. $V_{min.} \leq 400$ km/h ;
10. **Powinny charakteryzować się maksymalną długotrwałością lotu T. rzędu :**
   a. $T \leq 2.0$ h ;
   b. $T \leq 2.5$ h ;
   c. $T \leq 3.0$ h ;
   d. $T > 3.0$ h .
11. **Powinny charakteryzować się średnim promieniem taktycznym $R_{takt.}$ rzędu:**
   a. 300 km ;
   b. 350 km ;
   c. 400 km;
   d. $R > 400$ km.
12. **Powinny charakteryzować pułapem praktycznym $H_{prakt.}$ rzędu :**
   a. 15000 m ;
   b. 17500 m ;
   c. 20000 m;
   d. $H > 20000$ m
13. **Powinny posiadać udźwig użytecznym środków rażenia rzędu :**
   a. 4000 kg ;
   b. 5000 kg ;
   c. 6000 kg ;
   d. > 6000 kg .
14. **Powinny charakteryzować się zdolnością rażenia w jednym wylocie pojedyńczych celów naziemnych w liczbie :**

   2 3 4 5 6 7 8 9 10

SAMOLOTY SZTURMOWE

15. **Powinny charakteryzować się prędkością maksymalną $V_{max.}$ rzędu :**
   a. $V_{max.} \leq 750$ km/h ;
   b. $V_{max.} \leq 1000$ km/h ;
   c. $V_{max.} \leq 1250$ km/h ;
   d. $V_{max.} > 1250$ km/h .

16. **Powinny charakteryzować się prędkością minimalną $V_{min.}$ (decydującą o długości rozbiegu i dobiegu) rzędu :**
    a. $V_{min.} \leq 200$ km/h ;
    b. $V_{min.} \leq 250$ km/h ;
    c. $V_{min.} \leq 300$ km/h ;
    d. $V_{min.} \leq 350$ km/h ;
17. **Powinny charakteryzować się maksymalną długotrwałością lotu $L_.$ rzędu :**
    a. $L \leq 1.0$ h ;
    b. $L \leq 1.5$ h ;
    c. $L \leq 2.0$ h;
    d. $L > 2.0$ h.
18. **Powinny charakteryzować się średnim promieniem taktycznym $R_{takt.}$ rzędu:**
    a. 300 km ;
    b. 400 km ;
    c. 500 km;
    d. $R > 500$ km.
19. **Powinny charakteryzować pułapem praktycznym $H_{prakt.}$ rzędu :**
    a. 6000 m ;
    b. 9000 m ;
    c. 12000 m;
    d. $H > 12000$ m
20. **Powinny charakteryzować się zdolnością rażenia w jednym wylocie pojedyńczych celów naziemnych w liczbie :**

    2 3 4 5 6 7 8 9 10

SAMOLOTY SZKOLNO-BOJOWE

21. **Powinny charakteryzować się prędkością maksymalną $V_{max.}$ rzędu :**
    a. $V_{max.} \leq 650$ km/h ;
    b. $V_{max.} \leq 850$ km/h ;
    c. $V_{max.} \leq 1100$ km/h ;
    d. $V_{max.} > 1100$ km/h .
22. **Powinny charakteryzować się prędkością minimalną $V_{min.}$ (decydującą o długości rozbiegu i dobiegu) rzędu :**
    a. $V_{min.} \leq 200$ km/h ;
    b. $V_{min.} \leq 250$ km/h ;
    c. $V_{min.} \leq 300$ km/h ;
    d. $V_{min.} \leq 350$ km/h ;
23. **Powinny charakteryzować się maksymalną długotrwałością lotu $T_.$ rzędu :**
    a. $T \leq 1.0$ h ;
    b. $T \leq 1.5$ h ;
    c. $T \leq 2.0$ h;
    d. $T > 2.0$ h.

24. Powinny charakteryzować się średnim promieniem taktycznym $R_{takt.}$ rzędu:
- a. 300 km ;
- b. 400 km ;
- c. 500 km;
- d. R > 500 km.

25. Powinny charakteryzować pułapem praktycznym $H_{prakt.}$ rzędu :
- a. 10000 m ;
- b. 12000 m ;
- c. 15000 m ;
- d. H > 15000 m .

26. Powinny posiadać udźwig użytecznym środków rażenia rzędu :
- a. 4000 kg ;
- b. 5000 kg ;
- c. 6000 kg ;
- d. > 6000 kg .

27. Powinny posiadać ilość podwieszeń pocisków rakietowych. rzędu :
- a. 2 ;
- b. 4 ;
- c. 6 ;
- d. 8 .

SAMOLOTY ROZPOZNAWCZE

28. Powinny charakteryzować się prędkością maksymalną $V_{max.}$ rzędu :
- a. $V_{max.} \leq 650$ km/h ;
- b. $V_{max.} \leq 850$ km/h ;
- c. $V_{max.} \leq 1100$ km/h ;
- d. $V_{max.} > 1100$ km/h .

29. Powinny charakteryzować się prędkością minimalną $V_{min.}$ (decydującą o długości rozbiegu i dobiegu) rzędu :
- a. $V_{min.} \leq 200$ km/h ;
- b. $V_{min.} \leq 250$ km/h ;
- c. $V_{min.} \leq 300$ km/h ;
- d. $V_{min.} \leq 350$ km/h ;

30. Powinny charakteryzować się maksymalną długotrwałością lotu T rzędu :
- a. $T \leq 1.0$ h ;
- b. $T \leq 1.5$ h ;
- c. $T \leq 2.0$ h;
- d. T > 2.0 h.

31. Powinny charakteryzować się średnim promieniem taktycznym $R_{takt.}$ rzędu:
- a. 300 km ;
- b. 400 km ;
- c. 500 km;
- d. R > 500 km.

32. Powinny charakteryzować pułapem praktycznym $H_{prakt.}$ rzędu :

a. 6000 m ;
b. 9000 m ;
c. 12000 m;
d. H > 12000 m

SAMOLOTY TRANSPORTOWE

33. Powinny charakteryzować się prędkością maksymalną $V_{max.}$ rzędu :

a. $V_{max.} \leq 650$ km/h ;
b. $V_{max.} \leq 750$ km/h ;
c. $V_{max.} \leq 850$ km/h ;
d. $V_{max.} > 850$ km/h .

34. ? Powinny charakteryzować się prędkością minimalną $V_{min.}$ (decydującą o długości rozbiegu i dobiegu) rzędu :

a. $V_{min.} \leq 200$ km/h ;
b. $V_{min.} \leq 250$ km/h ;
c. $V_{min.} \leq 300$ km/h ;
d. $V_{min.} \leq 350$ km/h ;

35. Powinny charakteryzować się zasięgiem L. rzędu :

a. 500 km ;
b. 1000 km ;
c. 1500 km;
d. L > 1500 km.

36. Powinny charakteryzować pułapem praktycznym $H_{prakt.}$ rzędu :

a. 8000 m ;
b. 10000 m ;
c. 15000 m;
d. H > 15000 m

MOŻLIWOŚĆ WYKRYCIA PRZEZ STACJE RADIOLOKACYJNE

Określ preferencje w skali 0 - 1 dla podanych parametrów taktyczno-technicznych z których można zrezygnować (obniżyć ich znaczenie) w celu uzyskania mniejszej skutecznej powierzchni odbicia - wykorzystać technologię „stealth".

0 - można zrezygnować ;
1 - nie powinno się z niego rezygnować;

37. Prędkość maksymalna $V_{max.}$;

a.	samoloty myśliwskie	0	1
b.	samoloty myśliwsko-bombowe	0	1
c.	samoloty szturmowe	0	1
d.	samoloty szkolno-bojowe	0	1
e.	samoloty rozpoznawcze	0	1

38. Długotrwałość lotu T :

a.	samoloty myśliwskie	0	1
b.	samoloty myśliwsko-bombowe	0	1
c.	samoloty szturmowe	0	1
d.	samoloty szkolno-bojowe	0	1
e.	samoloty rozpoznawcze	0	1

39. Promień taktyczny $R_{takt.}$:

a.	samoloty myśliwskie	0	1
b.	samoloty myśliwsko-bombowe	0	1
c.	samoloty szturmowe	0	1
d.	samoloty szkolno-bojowe	0	1
e.	samoloty rozpoznawcze	0	1

40. Pułap praktyczny $H_{prakt.}$:

a.	samoloty myśliwskie	0	1
b.	samoloty myśliwsko-bombowe	0	1
c.	samoloty szturmowe	0	1
d.	samoloty szkolno-bojowe	0	1
e.	samoloty rozpoznawcze	0	1

41. Obciążenie powierzchni nośnej $^{m}/_{S}$ [kg/m^2] jako czynnik decydujący o manewrowości „poziomej":

a.	samoloty myśliwskie	0	1
b.	samoloty myśliwsko-bombowe	0	1
c.	samoloty szturmowe	0	1
d.	samoloty szkolno-bojowe	0	1
e.	samoloty rozpoznawcze	0	1

42. Obciążenie ciągu $^{K}/_{G}$ [-] jako czynnik decydujący o manewrowości „pionowej":

a.	samoloty myśliwskie	0	1
b.	samoloty myśliwsko-bombowe	0	1
c.	samoloty szturmowe	0	1
d.	samoloty szkolno-bojowe	0	1
e.	samoloty rozpoznawcze	0	1

43. Ilość węzłów podwieszeń :

a.	samoloty myśliwskie	0	1
b.	samoloty myśliwsko-bombowe	0	1
c.	samoloty szturmowe	0	1
d.	samoloty szkolno-bojowe	0	1
e.	samoloty rozpoznawcze	0	1

Załącznik 2

WYŻSZA SZKOŁA OFICERSKA SIŁ POWIETRZNYCH
KATEDRA TECHNIKI LOTNICZEJ

KWESTIONARIUSZ ANKIETY

Do tematu : EFEKTYWNOŚĆ TAKTYCZNA SAMOLOTÓW W ASPEKTACH MASOWO-GEOMETRYCZNYCH .

Szanowny Respondencie !

Pytania zawarte w niniejszej ankiecie mają służyć do określenia wymagań wobec parametrów taktycznych i technicznych wobec projektowanych (konstruowanych) samolotów . Zebrane opinie pozwolą nam sformułować i zweryfikować czynniki mające wpływ na efektywność taktyczną (jakość) współczesnych samolotów wojskowych.

Uprzejmie prosimy o wyrażenie swojej opinii na nurtujące nas problemy poprzez wybranie i zaznaczenie w dowolny sposób jednej ze zbioru odpowiedzi.

Z góry serdecznie dziękujemy !

Dęblin
1997

PODCZAS REALIZACJI ZADAŃ TAKTYCZNYCH (BOJOWYCH) POLEGAJĄCEGO NA ZWALCZANIU CELÓW POWIETRZNYCH MOŻLIWYMI DO UZYSKANIA NA OBECNYM ETAPIE ROZWOJU TECHNIKI LOTNICZEJ SĄ CECHY I PARAMETRY TAKTYCZNO-TECHNICZNE

W grupie wpływających na wskaźniki gotowości bojowej samolotu :

1. **Nakład pracy przy obsłudze przypadający na 1 godzinę lotu :**
   a. ≤ 1.0 [roboczo-godzin/godzinę lotu] ;
   b. ≤ 5.0 [roboczo-godzin/godzinę lotu] ;
   c. ≤ 7.5 [roboczo-godzin/godzinę lotu] ;
   d. ≤ 10 [roboczo-godzin/godzinę lotu] .
2. **Średni czas usunięcia usterki (niesprawności) :**
   a. 50 [minut] ;
   b. 100 [minut] ;
   c. 150 [minut] ;
   d. 200 [minut] .
3. **Czas odtworzenia gotowości bojowej :**
   a. ≤ 5 [minut] ;
   b. ≤ 10 [minut] ;
   c. ≤ 30 [minut] ;
   d. ≤ 60 [minut] ;
4. **Czas przezbrojenia samolotu z wariantu szturmowego na myśliwski :**
   a. ≤ 5 [minut] ;
   b. ≤ 10 [minut] ;
   c. ≤ 15 [minut];
   d. ≤ 20 [minut].

W grupie wpływających na wskaźniki niezawodności samolotu :

5. **Średni nalot pomiędzy usterkami (niesprawnościami) :**
   a. ≥ 8 [godzin] ;
   b. ≥10 [godzin] ;
   c. ≥15 [godzin] ;
   d. ≥20 [godzin] .

W grupie wpływających na wskaźniki przydatności samolotu do wykonania typowego zadania myśliwskiego :

6. **Prędkość maksymalna $V_{max.}$ rzędu :**
   a. ≤ 1000 km/h ;
   b. ≤ 1500 km/h ;
   c. ≤ 2000 km/h ;
   d. ≤ 2500 km/h .

7. **Maksymalna prędkość wznoszenia :**
   a. ≥200 m/s ;
   b. ≥300 m/s ;
   c. ≥400 m/s ;
   d. ≥500 m/s .
8. **Średni promień taktyczny $R_{takt.}$:**
   a. ≥ 300 km ;
   b. ≥ 400 km ;
   c. ≥ 500 km ;
   d. ≥ 600 km ;
9. **Pułap praktyczny $H_{prakt.}$ rzędu :**
   a. 15000 m ;
   b. 18000 m ;
   c. 20000 m;
   d. > 20000 m
10. **Udźwig użyteczny środków rażenia rzędu :**
    a. 4000 kg ;
    b. 5000 kg ;
    c. 6000 kg ;
    d. > 6000 kg .
11. **Liczba równocześnie śledzonych / zwalczanych celów powietrznych :**
    a. / ;
    b. / ;
    c. / ;
    d. / .
12. **Zasięg stacji radiolokacyjnej przy wykryciu celu o skutecznej powierzchni odbicia (SPO) rzędu 3 m^2 :**
    a. ≥ 100 km ;
    b. ≥ 200 km ;
    c. ≥ 300 km ;
    d. ≥ 400 km .

PODCZAS REALIZACJI ZADAŃ TAKTYCZNYCH (BOJOWYCH) POLEGAJĄCEGO NA ZWALCZANIU CELÓW POWIETRZNYCH MOŻLIWYMI DO UZYSKANIA NA OBECNYM ETAPIE ROZWOJU TECHNIKI LOTNICZEJ SĄ CECHY I PARAMETRY TAKTYCZNO-TECHNICZNE

W grupie wpływających na wskaźniki gotowości bojowej samolotu :

13. **Nakład pracy przy obsłudze przypadający na 1 godzinę lotu :**
    a. ≤ 1.0 [roboczo-godzin/godzinę lotu] ;
    b. ≤ 5.0 [roboczo-godzin/godzinę lotu] ;
    c. ≤ 7.5 [roboczo-godzin/godzinę lotu] ;
    d. ≤ 10 [roboczo-godzin/godzinę lotu] .

14. Średni czas usunięcia usterki (niesprawności) :

a. 50 [minut] ;
b. 100 [minut] ;
c. 150 [minut] ;
d. 200 [minut] .

15. Czas odtworzenia gotowości bojowej :

a. ≤ 5 [minut] ;
b. ≤ 10 [minut] ;
c. ≤ 20 [minut] ;
d. ≤ 30 [minut] ;

16. Czas przezbrojenia samolotu z wariantu myśliwskiego na szturmowy :

a. ≤ 10 [minut] ;
b. ≤ 20 [minut] ;
c. ≤ 30 [minut];
d. ≤ 40 [minut].

W grupie wpływających na wskaźniki niezawodności samolotu :

17. Średni nalot pomiędzy usterkami (niesprawnościami) :

a. ≥ 8 [godzin] ;
b. ≥10 [godzin] ;
c. ≥15 [godzin] ;
d. ≥20 [godzin] .

W grupie wpływających na wskaźniki przydatności samolotu do wykonania typowego zadania myśliwskiego :

18. Prędkość maksymalna $V_{max.}$ rzędu :

a. ≤ 1000 km/h ;
b. ≤ 1500 km/h ;
c. ≤ 2000 km/h ;
d. ≤ 2500 km/h .

19. Maksymalna prędkość wznoszenia :

a. ≥ 60 m/s ;
b. ≥ 120 m/s ;
c. ≥ 180 m/s ;
d. ≥ 250 m/s .

20. Średni promień taktyczny $R_{takt.}$:

a. ≥ 300 km ;
b. ≥ 400 km ;
c. ≥ 500 km ;
d. ≥ 600 km ;

21. Pułap praktyczny $H_{prakt.}$ rzędu :

a. 6000 m ;
b. 9000 m ;
c. 12000 m;
d. > 12000 m

22. Udźwig użyteczny środków rażenia rzędu :

a. 4000 kg ;
b. 5000 kg ;
c. 6000 kg ;
d. > 6000 kg .

23. Liczba równocześnie zwalczanych celów naziemnych (nawodnych) :

a. / ;
b. / ;
c. / ;
d. / .

24. Skuteczna powierzchnia odbicia (SPO) rzędu :

a. $\leq 1\ m^2$;
b. $\leq 2\ m^2$;
c. $\leq 3\ m^2$;
d. $\leq 4\ m^2$.

Załącznik 3

Ogólna charakterystyka reprezentatywnych samolotów bojowych .

Samolot **F-14 Tomkat**



Fot. 1 F-14A Tomcat

F-14A Tomcat jest dwusilnikowym, dwumiejscowym, pokładowym, morskim, wielozadaniowym samolotem myśliwskim w układzie średniopłata z napędem turbowentylatorowym, o konstrukcji metalowo-kompozytowej. W jego konstrukcji wykorzystano tytan (24,4 %), stopy aluminium (39,4 %), kompozyty (0,6 %) oraz inne materiały (18,2 %). Skrzydła o zmiennym skosie (20°...68°), regulowanym automatycznie dla uzyskania jak najkorzystniejszej konfiguracji aerodynamicznej przy danej liczbie Ma. Dla potrzeb hangarowania na lotniskowcu jest możliwe cofnięcie skrzydeł do skosu 75°. Kadłub o konstrukcji półskorupowej, całkowicie metalowej. W przedniej części kadłuba znajduje się stacja radiolokacyjna oraz dwuosobowa kabina załogi w układzie tandem. Część ogonowa kadłuba zakończona jest końcówką z przewodami awaryjnego zrzutu paliwa. Na górnej i dolnej powierzchni kadłuba znajdują się płyty hamulców aerodynamicznych. Podwójne, klasyczne usterzenie pionowe zamontowane jest na gondolach silników, a płytowe stateczniki poziome pełnią rolę sterolotek. Podwozie trójzespołowe z podwójnymi kołami zespołu przedniego i pojedynczymi głównego. Na przednim zespole podwozia zainstalowany

jest zaczep dla katapulty okrętowej. Zespół napędowy tworzą dwa dwuwałowe, turbowentylatorowe silniki z dopalaczem. Załoga samolotu składa się z pilota i operatora systemów uzbrojenia siedzących w układzie tandem. Fotele wyrzucane klasy 0-0 typu Martin-Baker GRU-7A lub Mk 14. F-14A jest jedynym seryjnym nosicielem KPR p-p AIM-54 Phoenix.

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

W samolotach wersji F-14A montowano silniki turbowentylatorowe Pratt & Whitney TF-30-P-412, -412A, -414 oraz -414A wszystkie o ciągu 92,96kN. Są to silniki dwuwałowe z trzystopniowym wentylatorem. Sprężarka niskiego ciśnienia jest sześciostopniowa, a wysokiego ciśnienia jest siedmiostopniowa. Komora spalania pierścieniowa, turbina wysokiego ciśnienia jest trzystopniowa, niskiego ciśnienia jedno stopniowa. Stopień sprężania wynosi 19,8; ciężar silnika suchego – 1804 kg, długość – 5,987 m;, średnica maksymalna – 1,293m. Poszczególne wersje silników różniły się między sobą tylko położeniem tarczy łopatek turbin i ich wzmocnieniem. Dysze wylotowe silników są typu zbieżno-rozbieżnego.

Pomocmczy zespół napędowy (APU - Auxilliary Power Unit) typu AiResearch Garret AT5200-50.

W samolotach wersji F-14B i D zainstalowano silniki General Electric z dopalaczem F110-GE-400 o ciągu 120,1 kN. Silniki te są konstrukcją modułową będąca hybrydą silników GE F-101 oraz F-110-GE-100. Są one w 80 % zgodne z tymi drugimi w które wyposażone są samoloty F-15 oraz F-16 USAF.

Wymiary silnika: długość 4,620 m; średnica maksymalna 1,181 m.

Kształt dysz wylotowych silników F-110 różni się od dysz silników TF-30. Zwiększenie ciągu pozwoliło na starty samolotów Tomcat z lotniskowców bez użycia dopalaczy. Nastąpiło zmniejszenie zużycia paliwa o 30 % przy użyciu dopalaczy, zwiększenie zasięgu samolotu o 62 % i czasu trwania lotu o 34 % , poprawa wznoszenia o 61 % i przyśpieszenia o 43 % w stosunku do Tomcatów wyposażonych w silniki TF-30.

WYPOSAŻENIE RADIOELEKTRONICZNE

Awionika; System sterowania i nawigacji: inercjalny system nawigacji Honeywell AN/ASN-92(V), wysokościomierz radiolokacyjny AN/APN-194(V), odbiornik

radiolokacyjny AN/APR-27/50, radiokompas AN/ARA-63A, ultrakrótkofalowy system nawigacji lotniczej o dużej dokładności AN/ARN-84 micro TACAN, układ kursu i pionu AN/A24G39, wzmacniacz sygnałów latarni kierunkowej AN/APN-154 oraz centrala danych aerodynamicznych CP-1066/A i konwerter sygnałów CP-1050A. Zobrazowanie informacji z systemu umożliwia wskaźnik przezierny (HUD) Kaiser Aerospace AN/AVG-12 i wskaźniki ekranowe AN/ASA-79. Samolot wypopsażony jest w system automatycznego sterowania oraz system automatycznego lądowania na lotniskowcu.

System kierowania uzbrojeniem stanowi dopplerowski, impulsowy radiolokator analogowy Hughes AN/AWG-9 umożliwiający śledzenie 24 celów i jednoczesne atakowanie 6-cioma pociskami Phoenix sześciu różnych celów na różnej wysokości i w różnych odległościach lecących z różnymi prędkościami. System umożliwia wykrycie celu, jego identyfikację, wyliczenie prędkości i określenie przyszłego położenia celu, określenie prędkości zbliżania stopnia zagrożenia. W przypadku stosowania rakiet AIM-7 Sparrow samolot może atakować tylko jeden cel w tym samym czasie, chociaż podczas naprowadzania jednej rakiety na cel są już przygotowane dane do strzelania kolejną. Opcja "track-while-scan" umożliwia śledzenie celów podczas przeszukiwania obszaru dla wykrycia kolejnych obiektów. Zasięg śledzenia, w zależności od wielkości obiektu, wynosi 120-315km. Wbudowany układ samokontroli umożliwia monitorowanie działania podsystemów radaru. Każde uszkodzenie jest sygnalizowane załodze. W wersji F-14D zainstalowano radiolokator Hughes AN/APG-71 o zwiększonej, w stosunku do AWG-9, odporności na zakłócenia. W trybie "track-while-scan" cyfrowe sterowanie przeszukiwaniem radiolokacyjnym umożliwia kontrolę przemieszczeń anteny radarowej podczas przeszukiwania obszaru dla wykrycia innych celów. Z kolei monoimpulsowe śledzenie kątowe umożliwia dokładne umiejscowienie celu w wiązce radarowej. Wysokie częstotliwości impulsowania służą do operacji dalekiego zasięgu, niskie natomiast do śledzenia pojedynczego celu i obrazowania terenu. System kierowania ogniem Fairchild AN/AWG-15F umożliwia stosowanie różnych środków bojowych. System łączności radiowej zawiera: radiostacje UHF AN/ARC-51 i AN/ARC-159, odbiornik pomocniczy UHF AN/ARR-69, system szyfrowania KY-28, telefon pokładowy LS-460/B, odbiornik-dekoder AN/ARA-63A, cyfrową linię teledetekcyjna ANIASW-27B. W wersji B zainstalowano radiostację

UHF/VHF AN/ARC-182. System identyfikacji i ostrzegania tworzą: system ostrzegający o opromieniowaniu wiązką radarową AN/APR-25/45, radiolokacyjne urządzenie identyfikacyjne nadawczo-odbiorcze IFF AN/APX-72, nadajnik rozpoznawczo-zapytowujący IFF AN/APX-76(V). W ostatnich produkowanych F-14A oraz w wersji B zamontowany jest system służący do identyfikacji wizualnej celu poza zasięgiem widzialności przy słabym oświetleniu Northrop TCS (Television Camera Set). Obraz czarno-biały rejestrowany jest na kasecie wideo (TDRS - Tactical Data Recording System) i wyświetlany na ekranach monitorów w obu kabinach. Układ TCS montowany jest obecnie podczas przeglądów do wszystkich samolotów wersji A pod kadłubem przed kabiną załogi.

Wyposażenie rozpoznawcze i WRE:

- stacja zakłóceń aktywnych - AN/ALQ-165 (2-20 GHz);
- stacja zakłóceń pasywnych - AN/ALE-29 (2-20 GHz);
- zasobnik rozpoznawczy LA-610 TARPS (Tactical Airborne Reconnaissance Pod System) zawierający aparat fotograficzny KS-87B firmy CAI, kamerę panoramiczną KA-99 firmy Fairchild, system rozpoznania w podczerwieni AN/AAD-5/RS-720 firmy Honeywell, panel obsługi technicznej oraz moduł wskaźnikowy;
- jeden lub dwa wyrzutniki flar Lundy AN/ALE-29A lub Goodyear AN/ALE-39 z magazynkiem na 30 nabojów (flar lub nabojów z dipolami).

Do celów treningowych stosowane są zasobniki AIS (Air Instrumentation System) jako część składowa wyposażenia ACMI (Air Combat Maneuvering Instrumentation). Urządzenia te, umożliwiając odtworzenie manewrów w czasie rzeczywistym, pozwalają na ocenę walk powietrznych z dowolnego punktu widzenia. Zasobnik AIS montowany jest na wyrzutni pocisków AIM-9 Sidewinder (pylony LAU-7).

UZBROJENIE

Uzbrojenie stałe samolotu stanowi 6-lufowe, 20 mm działko General Electric M61A1 Vulcan z zapasem 675 szt. amunicji. Jest to pierwsze z rodziny zewnętrznie (elektrycznie) zasilanych wielolufowych działek obrotowych typu GATLING firmy GE.

Ten wariant pojawił się w 1956 roku, a pierwszym samolotem wyposażonym w takie działko był Lockheed F-104 Starfighter.

Maksymalna szybkostrzelność wynosi 6000 pocisków na minutę, prędkość wylotowa pocisku 1036 m/s, natomiast masa działka wynosi 120 kg. (Przy maksymalnej szybkostrzelności działka siła reakcji działająca na samolot wynosi 17,76 kN).

Uzbrojenie zewnętrzne mocowane jest na ośmiu z dziesięciu węzłów podwieszeń. W skład tego uzbrojenia wchodzą: pociski „powietrze-powietrze" Hughes AIM-54 Phoenix, Ford Aerospace/Raytheon AIM-9 Sidewinder, Raytheon/General Dynamics AIM-7 Sparrow, Hughes AIM-120 AMRAAM, oraz bomby z wagomiaru Mk. 80.

Pociski Phoenix są rozwinięciem pocisków Eagle oraz Hughes GAR-9 (oznaczenie późniejsze AIM-47A; z rodziny pocisków Falcon). Masa pocisku wynosi 443kg, długość 3,96 m , średnica 0.38m i rozpiętość 0,914 m a zasięg około 185 km. Jest przystosowany (F-14D) do przenoszenia pocisków przeciwradiolokacyjnych Texas Instruments AGM-88 HARM (1993-1994) oraz do pocisków przeciwokrętowych McDonnel Douglas AGM-84 Harpoon. Przewidywane jest także zastosowanie nowej wersji pocisków Phoenix - AIM-54C PLUS - wyposażonej w elektroniczne środki przeciwzakłóceniowe.

W wariancie myśliwca przechwytującego dalekiego zasięgu F-14A przenosi 6 pocisków typu Phoemx - na 4 węzłach podkadłubowych (na specjalnych paletach, po dwie obok siebie) i 2 na węzłach podskrzydłowych. Konfiguracja ta jest bardzo rzadko spotykana na samolotach operujących z lotniskowców w czasach pokoju ponieważ masa samolotu z sześcioma pociskami Phoenix przekracza dopuszczalną mase do lądowania na lotniskowcu. Zmuszałoby to do zrzucania pocisku o wartości ponad 2 mln dolarów do wody.

Jako myśliwiec krótkiego zasięgu zabiera 4 pociski Phoenix (pod kadłubem), 2 Sparrow (pod skrzydłem, na pylonach LAU-92) i 2 Sidewinder (pod skrzydłem. na pylonach LAU-7). W przypadku udziału w tworzeniu zaporowego patrolu myśliwskiego typu BARCAP (Barrier Combat Air Patrol) uzbrojenie składa się z 4 pocisków Sparrow (pod kadłubem: dwa

obok siebie i za nimi dwa jeden za drugim) i 4 Sidewinder (na węzłach podskrzydłowych) lub 6 pocisków AMRAAM.

A-l0A Thunderbolt



Fot. 2 A-10A Thunderbolt

Samolot **A-l0A**, nazwany **Thunderbolt** (Piorun), został skonstruowany jako jednomiejscowy, dwusilnikowy dolnopłat z napędem turbowentylatorowym, o konstrukcji całkowicie metalowej. Opancerzenie kabiny pilota wykonane jest z tytanu tworząc tytanową wannę. Silniki umieszczone są w gondolach obok tylnej części kadłuba. Są one opancerzone, a niska temperatura gazów wylotowych i zacienienie przez skrzydła powodują, że są one mniej wrażliwe na ogień środków przeciwlotniczych. Najbardziej istotne dla funkcjonowania samolotu instalacje oraz urządzenia są zabudowane lub rozmieszczone tak, aby do minimum zmniejszyć możliwość ich uszkodzenia lub zniszczenia przez ogień środków przeciwlotniczych.

UZBROJENIE

Uzbrojenie stałe samolotów A-l0A stanowi działko siedmiolufowe GAU-8 kalibru 30 mm. Specjalnie dla tego działka opracowano cztery rodzaje nabojów: przeciwpancerno-zapalające. odłannkowo-zapalające, odłamkowo-przeciwpancerne i ćwiczebne. Pociski przeciwpancerno-zapalające mogą przebijać pancerze wszystkich współczesnych czołgów. Działko GAU-8 stanowi jeden z podstawowych elementów systemu ogniowego samolotu A-10A. Samolot posiada jedenaście zaczepów, po cztery pod każdym płatem skrzydła oraz trzy pod kadłubem, na których może być podwieszone uzbrojenie wymienne. Maksymalna masa zabieranego uzbrojenia wynosi

7258 kg Uzbrojenie wymienne mogą stanowić różne warianty następującego uzbrojenia: bomby klasyczne, bomby zapalające, bomby chemiczne, bomby kasetowe, bomby kierowane laserowo lub telewizyjnie, bomby napalmowe, zasobniki niekierowanych pocisków rakietowych, kierowane pociski rakietowe klasy „powietrze-ziemia" typu Maverick i „powietrze-powietrze" typu Sidewinder. Na zaczepach zewnętrznych mogą być również podwieszane zasobniki z aparaturą do walki radioelektronicznej, a także do trzech dodatkowych zbiorników z paliwem. Jeden z typowych wariantów uzbrojenia samolotów to: pełny zapas amunicji do działek, cztery pociski rakietowe typu Maverick, zasobnik zakłóceń radioelektronicznych przy pełnych zbiornikach paliwa. W skład awioniki wchodzi między innymi wskaźnik przezierny HUD wyświetlający pilotowi dane o prędkości i wysokości lotu oraz kącie nurkowania. System sterowania uzbrojeniem z celownikiem optycznym z podwójną siatką może być użyty razem z systemem laserowym oznaczania (podświetlenia) celów „Pave Penny" dla pocisków „powietrze-ziemia". Oprócz tego samolot posiada dwa systemy nawigacji: taktycznej typu TACAN oraz inercjalny INS, urządzenie „swój-obcy", radiostacje, aktywne i pasywne środki walki radioelektronicznej. Samoloty A-l0A były wiele razy modyfikowane, przez co zwiększano ich możliwości bojowe. Dostosowanie do działań nocnych oraz trudnych warunkach atmosferycznych osiągnięto poprzez zainstalowanie zestawu urządzeń: stacji radiolokacyjnej, urządzenia do obserwacji w podczerwieni, systemu nawigacji inercjalnej, radiowysokościomierza, komputera i dalmierza laserowego. Zwiększenie możliwości użycia w warunkach braku lub złej widoczności celu (noc, trudne warunki atmosferyczne) daje podwieszanie w zasobniku, systemu nawigacyjno-celowniczego pracującego w podczerwieni typu LANTIRN.

Na początku lat dziewięćdziesiątych zmodernizowano samoloty A-10A poprzez zamontowanie urządzeń:

- układu ostrzegającego o bliskości ziemi;
- radiowysokościomierza;
- systemu celowiczego zaadaptowanego z samolotu F-16.

Zmodyfikowano także układ sterowania i układ celowniczy. Produkcję seryjną jednomiejscowych A-10A zakończono w marcu 1984 roku.

Panavia Tornado



Fot. 3 Tornado

Tornado jest produktem międzynarodowego konsorcjum Panavia. W skład którego weszły przedsiębiorstwa brytyjskie, niemieckie i włoskie. Podstawową wersją samolotu produkowaną na potrzeby wszystkich trzech krajów jest Tornado IDS (Interdictor Stnike). Tornado ADV (Air Defence Variant) jest produkowany na potrzeby Wielkiej Brytanii, gdzie zastąpił przestarzałe: Lightning i F-4 Phantom II. Jak dotąd powstały następujące wersje Tornado ADV: F.2 (F.Mk2 – wycofane ze służby), F.2A (F.Mk2A) oraz obecnie podstawowe F.3 (F.Mk3). Do podstawowych zadań Tornado ADV należy spełnianie roli myśliwca przechwytującego obrony powietrznej przystosowanego do operowania w każdych warunkach atmosferycznych, myśliwca przewagi powietrznej i bojowego samolotu patrolowego. Tornado ADV jest dwusilnikowym, dwumiejscowym, samolotem myśliwskim w układzie górnopłata o zmiennym skosie skrzydeł (25°...67°). Skrzydła posiadają automatyczną regulację skosu oraz urządzenia poprawiające manewrowość. Kadłub o konstrukcji półskorupowej całkowicie metalowej z dużymi prostokątnymi wlotami powietrza do silników. Usterzenie poziome płytowe, pionowe klasyczne z antenami urządzeń radioelektronicznych. Podwozie trójzespołowe z 2-kołowym zespołem przednim i głównym 1-kołowym. Zespół napędowy tworzą dwa dwuprzepływowe silniki turboodrzutowe RB.199-34R Mk.l04 z dopalaczem oraz odwracaczem ciągu. Kabina dwumiejscowa w układzie tandem z fotelami katapultowymi klasy 0-0 typu Martin Baker Mk.10A

WYPOSAŻENIE RADIOELEKTRONICZNE I UZBROJENIE

Awionika. Podstawowe wyposażenie elektroniczne samolotów TORNADO różnych wersji jest zgodne w ok. 75%. Zasadniczym urządzeniem zapewniającym możliwość wykonywania zadań myśliwskich przez TORNADO ADV jest impulsowa, dopplerowska stacja radiolokacyjna AI.24 Foxhunter firmy GEC Avionics zintegrowana z urządzeniem zapytującym Cossor IFF-3500. Stacja przeznaczona jest do przeszukiwania przestrzeni powietrznej i wykrywania obiektów w odległości do 185 km na małej i 220 km na dużej wysokości z równoczesnym śledzeniem kilkunastu z nich, a także wskazania celu KPR „p-p" Sky Flash oraz AIM-120 AMRAAM. Radiolokator może pracować również w trybie obserwacji powierzchni ziemi uzupełniając pokładowe systemy nawigacyjne. Cały zespół radiolokatora zaprojektowano w sposób zapewniający uzyskanie jak największej odporności na zakłócenia. Urządzenia łączności samolotu zawierają radiostacje nadawczo-odbiorcze zakresu UHF/VHF typu GEC-Plessey PTR 1721, zakresu HF typu SSB Rhode und Schwarz, urządzenia transmisji danych systemu JTIDS firmy Plessey Electronics, system sterowania łącznością Ultra i rejestrator Leigh. Systemy nawigacyjne samolotu: cyfrowy, inercjalny typu FIN 1010; radiolokacyjny, dopplerowski typu DECCA Type 72; zestaw pokładowy systemu TACAN typu AD 2770; zestaw pokładowy systemu ILS/VOR typu CILS 75/76; radiokompas firmy Telefunken System Technik; autopilot APFD. Informacje uzyskane z urządzeń pokładowych wyświetlane są na wskaźniku HUD oraz HDD z jednoczesną rejestracją przez DDVR (Displayed Data Video Recorder) z możliwością natychmiastowego ich odtworzenia po wylądowaniu. System samoobrony samolotu tworzą urządzenia ostrzegające o opromieniowaniu, wyrzutniki flar i dipole oraz stacja zakłóceń aktywnych ARJ 23246 (7,5...18 GHz).

Uzbrojenie stałe stanowi jedno działko jednolufowe kalibru 27 mm typu IWKA - Mauser z zapasem 180 szt. amunicji. Standardowe uzbrojenie podwieszane stanowią KPR p-p typu Sky Flash, oraz AIM-9L. Tonnado ADV eksploatowane we Włoszech uzbrajane są w KPR „p-p" ASPIDE 1A (zamiast Sky Flash). Uzbrojeniem alternatywnym brytyjskich Tornad są pociski Active Sky Flash, oznaczane czasami Sky Flash 90, znajdujące się aktualnie w opracowywaniu oraz AIM-132 ASRAAM. Wielka Brytania zakupiła pociski AIM-120A, w które uzbroiła Harriery oraz Tornado ADV.

F-117A



Fot. 4 F-117A

F-117A jest jednomiejscowym, poddźwiękowym samolotem wielozadaniowym ze szczególnym uwzględnieniem zadań szturmowych i rozpoznania. Ostatnio zwany myśliwcem taktycznym. Jest zbudowany w klasycznym układzie dolnopłata. Przeznaczony jest do precyzyjnego niszczenia ściśle wyselekcjonowanych obiektów obrony powietrznej i łączności (stanowiska pocisków rakietowych, stacje radiolokacyjne, samoloty wczesnego ostrzegania itp.), a także do prowadzenia rozpoznania taktycznego. Zadania te ma wykonywać głównie nocą, bądź w trudnych warunkach atmosferycznych. Zaprojektowany został do działań na dużej wysokości ale w trakcie opracowywania dostosowano go również do lotów na małej wysokości z wykorzystaniem rzeźby terenu. Charakterystyki stealth[1] i wspomaganie przez samoloty zakłóceń radioelektronicznych (np. EF-111A Raven, EA-6B Prowler) mają mu umożliwić niepostrzeżone zbliżenie się do celu na odległość wystarczającą do bezpiecznego przeprowadzenia ataku rakietowego i ucieczkę.

Powstanie i prace rozwojowe nad samolotem były owiane szczególną tajemnicą. Opinia publiczna zobaczyła pierwsze zdjęcie po wielu latach od momentu lotu pierwszych

---

[1] Technologia stealth - Metody wprowadzania na produkowanych obiektach i ich elementach (samolotach, śmigłowcach, rakietach, okrętach, pojazdach itp.), cech jak najmniejszej wykrywalności przez zastosowanie specjalnych konstrukcji, materiałów i działań kamuflujących. Ukrycie to zwykle polega na zmniejszeniu szansy dostrzeżenia przez popularne środki wykrywania (optyczne, elektroniczne, telewizyjne, termiczne, akustyczne itp.).

egzemplarzy. W ukształtowaniu sylwetki samolotu wykorzystano bogate doświadczenia uzyskane w czasie badań eksperymentalnego samolotu, zbliżonego kształtem do F-117A - XST. Kształt płatowca wymodelowano tak aby uzyskać możliwie największe odbicie w górę i w dół padającego promieniowania elektromagnetycznego, pod kątem około 30 stopni. W konstrukcji płatowca całkowicie wyeliminowano nawet najmniejsze powierzchnie pochodne od brył obrotowych. Profile typowych powierzchni nośnych (skrzydła usterzenia)mają kształty pryzmatyczne, przypominające profile bombowe, stosowane w samolotach rozwijających duże prędkości ponaddźwiękowe. Ostre krawędzie natarcia tych zespołów są sprzeczne z zasadami aerodynamiki samolotów poddźwiękowych, do których należy samolot F-117A. Wszelkie nieciągłości pokrycia płatowca (pokrywy wzierników, wnęk podwozia, komory uzbrojenia i osłona kabiny wraz ze szkieletem) powodują istnienie krawędzi, które są źródłem powrotnej emisji fal. Dla radarów pracujących na ziemi ważne jest, aby tych nieciągłości pokrycia było jak najmniej w dolnej części samolotu, a dla radarów pracujących w powietrzu jak najwięcej w górnej części samolotu. Dlatego w wielu miejscach na bryle samolotu widoczne są ząbkowate czworokątne płytki, mające za zadanie zmniejszenie emisji powrotnej. Oprócz elementów tu wymienionych, płytki te pokrywają fragmenty nosowej części kadłuba w miejscach łączeń płyt płatowca i ramy oszklenia kabiny.

Istotne znaczenie ma zabezpieczenie wnętrza kabiny przed przenikaniem do niej fal radarowych, gdyż sam hełm pilota dawałby większą skuteczną powierzchnię odbicia od całego samolotu. Dlatego płyty wiatrochronu kabiny pilota pokryte są metaliczną, prawdopodobnie ze złota powłoką, napyloną próżniowo, o dużej rezystywności i mającą właściwości tłumienia fal elektromagnetycznych. Skuteczna powierzchnia odbicia uśredniona w wielu cyklach pracy radaru jest równa wielkości obiektu, który w rzeczywistości miałby pole przekroju około 1...10 mm^2. Dokładna wartość skutecznej powierzchni odbicia jest wielkością ściśle chronioną tajemnicą konstrukcyjną samolotu. Nawet piloci nie wiedzą ile ona w rzeczywistości dokładnie wynosi. Skrzydła o konstrukcji dźwigarowej, będące integralnymi zbiornikami paliwa, wyposażono w sterolotki wspomagane hydraulicznie oraz klapolotki napędzane

---

Stealth - w języku angielskim znaczy tyle, co : tajemnica, sekret, tajemnicza metoda postępowania lub sekretne postępowanie, w języku nie tylko angielskim stał się już praktycznie synonimem obiektu trudno wykrywalnego.

hydromechanicznie. Krawędź spływu płata jest w kształcie litery W i była optymalizowana z punkty widzenia skutecznej powierzchni odbicia.

Skrzydła są przystosowane do demontażu.

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

Zespół napędowy stanowią dwa turbinowe silniki dwuprzepływowe *General Electric* F404-GE-F1D2 bez dopalania o ciągu 4800 daN każdy. Każdy silnik jest elementem zespołu napędowym o niskim stopniu dwuprzepływowości (0,34), wysokim stopniu sprężenia i umiarkowanym jednostkowym zużyciu paliwa..

Siedmiostopniowa sprężarka wysokiego ciśnienia daje spręż 25. Turbiny wysokiego i niskiego ciśnienia są jednostopniowe, chłodzone powietrzem. Zużycie paliwa na zakresie przelotowym wynosi około 1360 kg/h, pojemność wewnętrznych zbiorników paliwa 1850 galonów (około 7000 litrów). Stosuje się paliwo konwencjonalne typu JP-4. Samolot przystosowany jest do uzupełniania paliwa w locie za pomocą złącza znajdującego się w górnej części za kabiną pilota.

Dysze są płaskie (bez sterowania wektorem ciągu) z pionowo ustawionymi łopatkami kierowniczymi.

Istnieje teoria, że spaliny wstępnie są kierowane przez łopatki odśrodkowo na boki kadłuba, wzdłuż krawędzi spływu skrzydeł i tam dodatkowo rozproszone i ostudzone przez wiry oporu indukowanego.

AWIONIKA

Awionika składa się z dwóch kamer pracujących w podczerwieni. Jedna umieszczona przed kabiną pilota jest częścią wielofunkcyjnego systemu obserwacji przedniej półsfery FLIR (*Forward Looking Infra-Red).* System ten umożliwia obserwację w przedniej półsferze, ułatwia przez to pilotaż na małych wysokościach bez widzialności ziemi, a także identyfikację obiektu-celu podczas wykonywania ataku. Druga kamera, będąca częścią wielofunkcyjnego systemu obserwacji dolnej półsfery DLIR (*Down Looking Infra-Red),* zabudowana jest w dolnej nosowej części kadłuba, tuż przed pokrywą przedniej goleni podwozia. Skierowana jest pionowo w dół i realizuje tzw.

funkcję mapping, czyli zobrazowanie terenu, nad którym leci samolot. F-117A nie ma stacji radiolokacyjnej, bowiem jakiekolwiek promieniowanie zwiększyłoby możliwość jego wykrycia przez systemy wczesnego ostrzegania. Na pokładzie znajduje się laserowy dalmierz do pomiaru odległości i oznaczania celu. W samolocie zastosowano również wyposażenie pochodzące z samolotów produkowanych wcześniej seryjnie. Cyfrowy system sterowania fly-by-wire, czterokrotnie zwielokrotniony pochodzi z samolotu F-16C. Systemy łączności i nawigacji zostały zapożyczone m.in. z samolotu C-130. Wskaźnik przezierny HUD i dwa (z trzech) wielofunkcyjne monitory rozmieszczone na bokach tablicy przyrządów pochodzą prawdopodobnie z samolotu F/A-18 Hornet. Fotel katapultowy klasy „0-0" typu Aces II stosowanych w samolotach F-15, F-16, A-10. Systemy łączności radiowej i system nawigacji inercjalnej są takie jak w amerykańskich samolotach seryjnych. Zainstalowano konwencjonalne sterownice z drążkiem umiejscowionym centralnie i sterownicą nożną współdziałającą z układem FBW.

UZBROJENIE

Uzbrojenie samolotu mieści się z zamykanej komorze wewnątrz kadłuba, jego maksymalna masa wynosi 2280 kg. Normalny ładunek bojowy stanowią dwa kierowane pociski antyradiolokacyjne AGM-88 *Harm* lub dwie bomby o masie 908 kg każda, kierowane promieniami laserowymi oraz kierowane pociski klasy powietrze-powietrze. Można stosować bomby klasyczne, kasetowe lub jądrowe. Prawdopodobnie samolot F-117 jest zaopatrzony (lub będzie) w specjalnie dla niego zaprojektowaną rodzinę uzbrojenia klasy stealth.

MiG-29M.



Fot. 5 MiG-29

MiG-29 jest jednomiejscowym, naddźwiękowym samolotem myśliwskim, zbudowanym w układzie górnopłata ze skrzydłami pasmowymi i podwójnym usterzeniem pionowym.

Jego układ aerodynamiczny zapewnia stosunkowo dużą doskonałość, która wynosi 10,6 (oraz 7,5 przy wychylonych klapach przednich).

Konstrukcja samolotu jest metalowa z niewielkim udziałem materiałów kompozytowych. W strukturze samolotu zastosowano stopy aluminium (durale i litale) i magnezu, stale stopowe oraz tytan, a także kompozyty zbrojone włóknami szklanymi i węglowymi. Podstawowa struktura płatowca wykonana została w układzie półskorupowym, a w płaszczyznach sterowania zastosowano płyty klejone z wypełniaczem ulowym. Owiewki anten urządzeń radioelektronicznych wykonano z materiałów przepuszczalnych dla fal elektromagnetycznych.

Kadłub samolotu ma konstrukcję półskorupową o zmiennym przekroju i składa się z 10 wręg, pokrycia i podłużnic usztywniających o zróżnicowanych przekrojach. W pokryciu wykonano szereg wzierników umożliwiających dostęp do agregatów i aparatury zabudowanej na samolocie. Przód kadłuba wykonano w postaci stożkowej osłony z materiału dielektrycznego, za którą umieszczona jest antena radiolokatora z

mechanizmem ruchu. Z przodu osłony umieszczono nadajnik danych aerodynamicznych PWD-18 z poziomymi płytkami stanowiącymi generator wiru, zwiększający stateczność podłużną samolotu w locie z prędkością naddźwiękową oraz zapobiegający rewersowi lotek na dużych kątach natarcia. Za anteną znajdują się urządzenia elektroniczne radaru oraz przedni przedział wyposażenia. Dalej, za ciśnieniową wręgą, umieszczono hermetyczną kabinę pilota. Z lewej strony kabiny, u nasady napływu skrzydła pasmowego, znajduje się działko z systemem otworów wentylacyjnych i osłoną termiczną z blachy żaroodpornej.

Napływy skrzydeł, o kącie skosu 73°30', powiązane są strukturalnie i funkcjonalnie z kadłubem. W części przedniej zawierają one, poza działkiem, anteny układu zakłócającego osłonięte owiewkami z materiału dielektrycznego.

Kabina pilota jest hermetyzowana automatycznie po zamknięciu osłony.

Układ klimatyzacyjny wykorzystuje zimne powietrze z chwytów pomocniczych i gorące ze sprężarki silnika.

Fotel wyrzucany K 36DM serii 2 zapewnia bezpieczne opuszczenie przez pilota kabiny w sytuacjach awaryjnych w pełnym zakresie użytkowych prędkości i wysokości lotu, w tym także przy prędkości zero na ziemi. W sytuacji awaryjnej, po pociągnięciu za zdwojony uchwyt, pilot jest automatycznie sprowadzany do optymalnego położenia i unieruchamiany (w locie z prędkością powyżej 900 km/h pilot zasłaniany jest dodatkowo specjalną zasłonką). Istnieje możliwość automatycznego katapultowania bez udziału pilota. Fotel wyposażony jest w zasobnik awaryjny, w którym znajdują się środki łączności, urządzenia sygnalizacyjne, zapas żywności, apteczka, łódka i podstawowy sprzęt pozwalający na przeżycie po wylądowaniu w niesprzyjającym terenie.

Instalacje:

- paliwowa - składa się z trzech zbiorników kadłubowych i integralnych zbiorników w skrzydłach o łącznej pojemności 4300 l. Paliwo przepompowywane jest przy pomocy pomp turbinowych GTN i pomp strumieniowych. Zbiorniki napełniane są gazem neutralnym (azotem) lub awaryjnie - powietrzem w miarę zużywania paliwa. Istnieje możliwość instalowania dodatkowego zbiornika paliwa pod kadłubem (przystosowanego specjalnie do MiG-a 29, z przelotowym otworem w tylnej części dla ujścia gazów wylotowych z rozrusznika turbinowego) o pojemności 1500 l;

- hydrauliczna - składa się z dwóch niezależnych instalacji, zasadniczej, sterującej wypuszczaniem podwozia, klap, hamulców aerodynamicznych, pracą jednej z komór wzmacniaczy hydraulicznych, wlotami powietrza do silników oraz instalacji wzmacniaczy hydraulicznych;
- pneumatyczna - zasadnicza, służąca do hamowania kół podwozia, sterowania osłony kabiny, sterowania zaworami odcinającymi doplyw paliwa, wypuszczania i wyczepiania spadochronu hamującego oraz awaryjna m.in. do awaryjnego wypuszczania podwozia;
- elektryczna - jej podstawowym źródłem zasilania jest prądnica prądu przemiennego GT30NZ412 o mocy 30kVA oraz przetwornica PTO-1000/1500M. Układ prądu stałego zasilany jest przez prądnicę GSR-ST12/40A o mocy 12 kW i zawiera dwie baterie akumulatorowe;
- przeciwpożarowa – przeznaczona jest do sygnalizacji i gaszenia, pożaru;
- klimatyzacja kabiny - do utrzymywania zadanej temperatury i ciśnienia w kabinie i wybranych przedziałach wyposażenia.

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

Zespół napędowy zawiera dwa dwuprzepływowe turbinowe silniki odrzutowych RD-33, każdy o ciągu 49,4 kN (z dopalaczem – ciąg minimalny 54,9 kN i maksymalny 8l,4 kN).

Zużycie paliwa wynosi 0,73 do 0,95 kg/daN/h, a z dopalaczem 1,96 kg/daN/h. Silniki o małym stopniu dwuprzepływowości, z mieszaniem strumieni gazów we wspólnej komorze dopalacza, z regulowaną dyszę wylotową. Sprężarka niskiego ciśnienia (wentylator) - czterostopniowa, sprężarka wysokiego ciśnienia - dziewięciostopniowa, osiowa z dwoma stopniami kierownic. Komora spalania - pierścieniowa, przelotowa, z 24 wtryskiwaczami. Turbina wysokiego ciśnienia - osiowa, jednostopniowa z chłodzonymi kierownicami i łopatkami. Turbina wentylatora - osiowa, jednostopniowa. Automatyką silnika steruje blok BPR-88 regulujący m.in. temperaturę, prędkość obrotową, ilość paliwa, przekrój dyszy wylotowej, na podstawie danych zewnętrznych i wewnętrznych silnika. Silnik posiada układ automatycznego rozruchu w czasie lotu.

Paliwem jest nafta lotnicza typu T1, TS-1 i RT. Do smarowania silnika i agregatów silnikowych służy olej silnikowy IPM-10.

WYPOSAŻENIE RADIOELEKTRONICZNE

System sterowania i nawigacji : automatyczny układ sterowania SAU-451-04 z ogranicznikiem skrajnych zakresów SOS-3M nie pozwalającym samolotowi na wyjście poza dopuszczalny zakres przeciążeń i kątów natarcia, system nawigacyjny SN-29 (w składzie kompleksu OEPrNK-29M) z podsystemem bliskiej nawigacji i lądowania przyrządowego A-323, radiowysokościomierz A-037, automatyczny radiokompas ARK-19, odbiornik znaczników A-611.

System kierowania uzbrojeniem S-29M oparty jest na stacji radiolokacyjnej N010 Żuk o zasięgu wykrywania celów powietrznych o SPO 3 m^2 w przedniej półsferze - 80 km, w tylnej - 50 km. Dzięki zastosowaniu anteny szczelinowej kąt obserwacji w azymucie wzrósł do 180°. Stacja może śledzić 10 obiektów jednocześnie i umożliwia przechwycenie 4 z nich. N010 Żuk może też wykonywać mapę terenu o rozdzielczości 15...20 m, z możliwością „zamrożenia" obrazu i wykonywania na nim powiększeń wybranego terenu. Radiolokator wykrywa też duże cele naziemne (np. mosty) i morskie o dużym kontraście radiolokacyjnym, określając ich współrzędne; umożliwia także wykonywanie lotu zgodnie z rzeźbą terenu. Na samolocie można stosować KPR p-z kierowane laserowo, telewizyjnie oraz przeciwradiolokacyjne. Do laserowego podświetlania celów służy zmodernizowana stacja optoelektroniczna OEPS-29-1, która może również wykrywać obiekty powietrzne w odległości 10...30 km (10 km z przedniej półsfery celu). Do identyfikacji celów powietrznych dodatkowo zainstalowano kamerę telewizyjną. Aparatura „Pastel" wbudowana, na stałe, zapewnia przygotowanie danych potrzebnych do użycia rakiet przeciwradiolokacyjnych. W kompleksie kierowania uzbrojeniem znajduje się także autonomiczny nahełmowy układ wskazywania celów SZCZEL-3UM ze wskaźnikiem NWU-2, komputer cyfrowy C 100.02-02, system zarządzania uzbrojeniem SUO-29M2, system przekazywania informacji SJel-31E2 z wskaźnikiem przeziernym. System ostrzegania: urządzenie aktywnej odpowiedzi SO-69, stacja ostrzegawcza SPO-15 (Ł-006Ł) BIERIOZA określająca kierunek opromieniowania, typ stacji i rodzaj jej pracy (obserwacja lub śledzenie), system rozpoznania 6201 i 6231 PAROL z automatycznym przełączaniem

kodów rozpoznania (w wersji NATO IFF Mark XII). Jak pozostałe samoloty OP Rosji, tak i MiG-29M wyposażony jest w pokładową aparaturę radioliniową do przyrządowego naprowadzania samolotu na cel przez urządzenia naziemne. Zastosowano zestaw typu TURKUS (E502-20). Podobnie jak MiG-29A, tak i ta wersja posiada głosowy informator sygnałów awaryjnych. Najmniej wiadomo o systemach WRE samolotu. Prawdopodobnie są to: stacja zakłóceń aktywnych -GARDENIA-1 (7,1...10,3 GHz); stacja zakłóceń pasywnych - APP-50 ze 120 nabojami PPI-26 lub PPR-26 (3...10 GHz).

UZBROJENIE

Uzbrojenie stałe stanowi jednolufowe działko GSz 301 kal. 30 mm, o masie ok.50 kg, z maksymalnym zapasem nabojów równym 150 szt., o szybkostrzelności 1800 strz./min., które zainstalowane jest u nasady lewego skrzydła. W niektórych seriach samolotu działko wyposażone było w urządzenie powodujące obrót lufy wokół osi pionowej dla zwiększenia pola rażenia przy atakowaniu naziemnych celów powierzchniowych.

Do zwalczania obiektów powietrznych samolot można uzbroić w KPR p-p typu R-60M, R-73, R-77 oraz R-27R, T, RE i ET. Do zwalczania obiektów naziemnych kierowane i niekierowane środki rażenia o masie do 5500 kg na 9 węzłach (8 podskrzydłowych i 1 podkadłubowy) – łącznie w 44 wariantach.

Niekierowane pociski rakietowe: 80 szt. typu S-8, ka1.80 mm, w czterech wyrzutniach B-8M1, lub 4 typu S-24 kal. 240 mm na wyrzutniach APU-68. Wyrzutnie "npr" podwieszane są na belkach nośnych BD-3-UMK2A.

Kierowane pociski rakietowe: 2 średniego zasięgu typu R-27T klasy powietrze-powietrze z koordynatorem radiolokacyjnym (mogą też być stosowane R-27R1 naprowadzane na podczerwień), na wyrzutniach APU-470 (podwieszane tylko na węzłach wewnętrznych); 6 typu R-73E klasy „powietrze-powietrze", sterowanych aero- i gazodynamicznie, o bardzo dużej zwrotności (przeciążenie dopuszczalne - 60) naprowadzanych na podczerwień, na wyrzutniach P72-1D - mogą być one odpalane nawet w manewrze samolotu przy przeciążeniu 8 6 typu R-6OMK klasy „powietrze-powietrze" naprowadzanych na podczerwień, na wyrzutniach R62-1D81, używanych w manewrowej walce powietrznej.

Uzbrojenie bombardierskie składa się z bomb o wagomiarze 50 kg, 100 kg, 250 kg, 500 kg podwieszanych na belkach BD-3UMK-2A .

Do systemu uzbrojenia zaliczany jest także układ zakłóceń pasywnych 2OSP zawierający 2 x 30 szt. nabojów PI-26-1 wystrzeliwanych z wyrzutni BWF 30-26M.

Do szkolenia pilotów służą szkolne pociski rakietowe UZR-60 i UZR-72.

Su-25



Fot. 6 Su-25

Samolot **Su-25** to dwusilnikowy jednomiejscowy samolot szturmowy zbudowany w układzie górnopłata. Posiada wolnonośne skrzydło o obrysie trapezowym o kącie skosu przedniej krawędzi (natarcia) 19° 54' i kącie zaklinowania 2° 30'.

Na każdym skrzydle umieszczono pięciosekcyjne klapy przednie wychylane do lądowania o12° i o 6° w czasie manewrowania. Klapy tylne zbudowane zostały jako dwusekcyjne o kątach wychylenia : do startu – wszystkie sekcje o20° , do lądowania wewnętrzne o 40° i zewnętrzne o 35°. Na końcach skrzydeł umieszczone zostały reflektory do lądowania oraz krokodylowe hamulce aerodynamiczne.

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

Zespół napędowy samolotu zawiera dwa jednoprzepływowe dwuwałowe turbinowe silniki odrzutowe R-95Sz bez dopalacza. Maksymalny ciąg każdego z nich wynosi 40,2 kN . W samolotach wersji Su-25T, Su-25BM oraz w późniejszych seriach

Su-25UB zabudowane są silniki R-195 będące zmodernizowaną wersją silników R-95Sz. Osiągnięto w nich ciąg maksymalny o wartości 44,1 kN i jednostkowe zużyciu paliwa 0,89 kg/kNh oraz dzięki zastosowaniu osłony łopatek turbiny i dodatkowemu nadmuchowi powietrza trzykrotnie mniejszą niż poprzednio temperaturę gazów wylotowych. Na szczególną uwagę zasługuje to, że mogą one pracować na wszystkich rodzajach paliw lotniczych oraz na benzynie samochodowej, na oleju napędowym i na spirytusie.

WYPOSAŻENIE AWIONICZNE

System nawigacyjny składa się z systemu bliskiej nawigacji i lądowania przyrządowego RSBN-6S, radiowysokościomierza RW-5M, doplerowskiego miernika prędkości DISS-7. Samolot posiada stację ostrzegającą o opromieniowaniu radiolokacyjnym SPO-15Ł Bierioza. Od wersji Su-25T stosowany jest wskaźnik przezierny typu HUD. System sterowania uzbrojeniem zawiera celownik strzelecko-bombardierski APS-17BC-8 i laserowy dalmierz/podświetlacz celów Klon –PS.

UZBROJENIE

Uzbrojeniem stałym Su-25 jest wbudowane w przedziale pod kabiną pilota dwulufowe działko Gsz-2-30 kalibru 30 mm z zapasem 250 szt. amunicji. Jego szybkostrzelność wynosi 3000 strz./min.

Uzbrojenie podwieszane może być umieszczone na 10 wysięgnikach. Mogą to być zasobniki SPPU-22-01 zawierające dwulufowe 23 mm działko Gsz-23 o szybkostrzelności 3000...4000 strz./min. i prędkości początkowej pocisku 715 m/s. Jego lufy mogą być wychylane do dołu o 23°. Zasobniki te mogą być podwieszane również lufami tyłem do kierunku lotu. Innym typem zasobnika artyleryjskiego stosowanym w tym samolocie jest UPK-23-250 zawierający nieruchome działko Gsz23.

Uzbrojenie rakietowe typu „powietrze-ziemia" stanowią rakiety :

- H-25MŁ posiadająca głowicę laserową;
- H-25MR naprowadzaną radiowo;
- H-25MP przeznaczoną do zwalczania stacji radiolokacyjnych;
- H-29Ł naprowadzana laserowo;
- H-25 i H-29 naprowadzane telewizyjnie (w samolotach wersji Su-25T) .

Niekierowane pociski rakietowe S-5 w wyrzutniach UB-32, S-8 w dwudziestolufowych wyrzutniach B-8M1, S-13 w pięciolufowych wyrzutniach B-13 oraz pojedynczo podwieszane rakiety S-24 i S-25.

Samolot zabierać bomby burzące KAB-500Ł wyposażone w laserowy układ korygowania lotu, lub kierowane telewizyjnie KAB-KR 500 oraz przenosić do 8 bomb lotniczych o wagomiarach do 500 kg , kasety bombowe RBK i zasobniki KMGU.

W przypadku wersji Su-25T/TM jako uzbrojenie przeciwpancerne dodatkowo 16 rakiet „Wicher" w dwóch blokach APU-8 . Są to rakiety o zasięgu 8...10 km i naddźwiękowej prędkości kalibru 125 mm z dwustopniową głowicą kumulacyjną przebijającą pancerz o grubości 900...1000 mm.

Do obrony własnej Su-25 może być wyposażony w 2 rakiety „powietrze-powietrze" R-60 i w stacje zakłóceń aktywnych SPS-141, -142, -143.

Łączna masa zabieranego uzbrojenia wynosi 5000 kg .

Hawk 200



Fot. 7 Hawk 200

Hawk 200 to lekki, jednomiejscowy, wielozadaniowy samolot myśliwsko-szturmowy mający stanowić konkurencję dla włosko-brazylijskiego samolotu AMX w ofercie dla Arabii Saudyjskiej, państw azjatyckich i środkowoeuropejskich .

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

Napęd stanowi jeden turbinowy silnik odrzutowy bez dopalacza Rolls-Royce Adour Mk 871 o ciągu 26 kN

WYPOSAŻENIE RADIOELEKTRONICZNE

Posiada bogate wyposażenie radioelektroniczne zawierające między innymi:

- wielofunkcyjny radar Westinghouse AN/APG-66H;
- laserowy dalmierz-znacznik celu;
- system FLIR do obserwacji w podczerwieni.

UZBROJENIE

Stałe uzbrojenie strzeleckie stanowią w zależności od wersji dwa działka Aden lub Mauser kalibru 25 mm, 27 mm lub 30 mm.

Uzbrojenie podwieszane mogą stanowić pociski rakietowe i bomby podwieszane na 6 podwieszeniach pod skrzydłowych i 1 podkadłubowym. W wersji myśliwskiej 2 pociski rakietowe AIM-9. W wersji szturmowej operującej nad lądem 4 bomby o wagomiarach 454 kg i 4 bomby 227 kg, natomiast w wersji szturmowej morskiej 3 pociski przeciwokrętowe BAe Sea Eagle. Maksymalna masa uzbrojenia zewnętrznego wynosi 3494 kg.

F-15E



Fot. 8 F-15E

F-15E jest dwuosobowym wielozadaniowym samolotem myśliwsko-szturmowym przeznaczony do wykonywania zadań w każdych warunkach atmosferycznych zarówno w dzień jak i w nocy. Zbudowany został w układzie

klasycznego dwusilnikowego grzbietopłata z trójpunktowym podwoziem z kołem przednim. Konstrukcja mieszana z przewagą stopów aluminium.

Samolot opracowany został tak, aby zapewnić szybką i prostą obsługę naziemną pozwalającą na maksymalne skrócenie czasu odtwarzania jego zdolności bojowej. Obejmuje ona przegląd po locie, uzupełnienie paliwa, płynów technicznych, uzbrojenia podwieszanego i amunicji oraz niezbędne próby funkcjonalne i trwa 11...15 minut (przykładowo dla F-4 Phantom - około 20 minut).

Agregaty i instalacje rozmieszczono tak, aby podczas ich obsługi nie było konieczne dodatkowe wyposażenie jak np. pomosty lub podnośniki, a wystarczały standardowe drabinki. Większość punktów obsługowych zlokalizowano w dolnej części kadłuba samolotu, a ich położenie umożliwia jednoczesną obsługę. 44% wzierników pozwala na dostęp natychmiastowy, bez użycia jakichkolwiek narzędzi, a 85% wszystkich wzierników nie wymaga wyposażenia specjalnego.

Wiele podzespołów i zespołów F-15E jest wzajemnie zamiennych (np. stateczniki pionowe, stery kierunku, silniki, płyty usterzenia poziomego, węzły podwieszeń uzbrojenia), co upraszcza i ułatwia zaopatrzenie w części zamienne i prowadzenie napraw.

Według ocen na 1 godzinę lotu F-15 potrzebne jest 11 roboczogodzin obsługi, co jak na samolot dwusilnikowy o bogatym wyposażeniu, jest wynikiem dobrym. Wymiana silnika zajmuje zaledwie 20 minut. F-15E ma znaczne możliwości przetrwania. Może kontynuować lot i bezpiecznie wylądować nawet z rozległymi uszkodzeniami, poważnie zaburzającymi aerodynamikę i naruszającymi strukturę nośną płatowca. Możliwe jest kontynuowanie lotu po odstrzeleniu jednej z płyt usterzenia pionowego, po uszkodzeniu jednego z głównych dźwigarów, czy z innymi lokalnymi zniszczeniami struktury nośnej.

Trwałość zmęczeniową konstrukcji samolotu obliczono na 16000 godzin lotu, co odpowiada okresowi eksploatacji ok. 25 lat. Eksploatacja struktury nośnej samolotu odbywa się według ich rzeczywistego stanu technicznego.

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

Zespół napędowy stanowią dwa dwuprzepływowe turbinowe silniki odrzutowe Pratt & Whitney F-100-PW-229, z dopalaczami, każdy o ciągu 10430 daN z dopalaniem i 8500

daN bez dopalania. Wloty powietrza i dysze regulowane są hydraulicznie - jako płyn hydrauliczny w przypadku siłowników dysz używane jest paliwo. Pomocniczy zespół energetyczny APU Garrett-AiResearch.

Silnik posiada konstrukcję modułową. Sprężarka niskiego ciśnienia jest trzystopniowa, a sprężarka wysokiego ciśnienia dziesięciostopniowa. Posiada komorę spalania typu pierścieniowego. Obie turbiny (wysokiego ciśnienia i niskiego ciśnienia) są dwustopniowe. Sprężarkę wykonano ze stopów tytanu. Łopatki turbiny wysokiego ciśnienia są chłodzone wewnętrznie. Temperatura gazów w turbinie wysokiego ciśnienia osiąga 1700 K.

Masa silnika suchego wynosi - 1371 kg , a okres międzynaprawczy - 2000 godzin pracy. Zapewniono możliwość montowania pod kadłubem pomocniczego silnika rakietowego wraz ze zbiornikami paliwa i utleniacza.

Jako alternatywny zespół napędowy przewidziano silniki General Electric F110-GE-100 o ciągu 13 000 daN.

WYPOSAŻENIE RADIOELEKTRONICZNE

W skład awioniki samolotu wchodzi zestaw konwencjonalnych przyrządów pilotażowo-nawigacyjnych i kontrolnych, automatyczny analogowy układ sterowania lotem General-Elektric stacja radiolokacyjna Hughes APG-70, komputer pokładowy IBM CP-1075 96K, wskaźnik przezierny (HUD) MDD Electronics AUQ-20, transponder Teledyne Electronics APX-101 (jest on wielowymiarowy, podaje odległość, wysokość i azymut oraz koduje oznaczenie samolotu), system identyfikacji IFF Hazeltine APX-76 (do identyfikacji celu), wskaźnik sytuacji w pionie Sperry, wskaźnik sytuacji w poziomie Collins, komputer nawigacyjny Litton ASN-1091N5, urządzenie nawigacyjne TACAN Collins ARN-1 18, nadajnik UHF Magnavox ARC-164, ILS, urządzenie do łączności szyfrowej, system przeciwzakłóceniowy Northrop Enhanced ALQ-135(V), ostrzegacz radarowy Loral ALR-56C, ostrzegacz elektroniczny Magnavox ALQ-128, rozpraszacz flar Tracor ALE-45, system sterowania uzbrojeniem AWG-27. Podwieszane mogą być 2 zasobniki systemu LANTIRN (Low Altitude Navigation and Targeting Infra Red for Night). Palety FAST PACK służą nie tylko do przewozu paliwa i podwieszania pod nimi uzbrojenia. Różne ich warianty mogą mieć zainstalowane elementy awioniki, rozszerzające możliwości bojowe samolotu. Obok palet będących

wyłącznie zbiornikami istnieją warianty, które w swych przednich częściach zawierają aparaturę do obserwacji w podczerwieni, identyfikacji i wskazywania celów, aparaturę do prowadzenia rozpoznania fotograficznego (ew. telewizyjnego) wraz z urządzeniami do precyzyjnej nawigacji, laserowe i pracujące w podczerwieni znaczniki celu wraz z urządzeniami precyzyjnej nawigacji, czy inne urządzenia wspomagające działanie systemów samolotu.

UZBROJENIE

Uzbrojenie stałe - napędzane silnikiem elektrycznym działko sześciolufowe Vulkan M61A1 kalibru 20 mm, umieszczone w prawym paśmie skrzydła z zapasem 512 nabojów w bębnowym zasobniku umieszczonym w środkowym module kadłuba.

Uzbrojenie podwieszane jest na piętnastu węzłach kadłubowych i czterech węzłach skrzydłowych. Mogą to być podwieszane różne zestawy uzbrojenia (a także wyposażenia dodatkowego), w ich skład mogą wchodzić:

- pociski kierowane powietrze-powietrze AIM-9 Sidewinder, AIM-120 i AIM-7 Sparrow;
- pociski powietrze-ziemia AGM-65 Maverick; bomby typów: Mk-20 Rockeye, Mk-32, Mk-83, Mk-84, BSU-49, BSU-50, GBU-8, GBU-10, GBU-12, GBU-15, GBU-22, GBU-24, CBU-52, CBU-58, CBU-71, CBU-87, CBU-89, CBU-90 CBU-92, CBU-93.

Możliwe jest też podwieszanie zasobników z niekierowanymi pociskami rakietowymi - bojowych LAU 3A lub treningowych SUU-20, zasobników z urządzeniem sterującym AXQ-14 dla bomb GBU-15, a także zasobników rozpoznawczo nawigacyjnych LANTIRN, służących między innymi do wskazywania celów bombom sterowanym laserowo GBU-12, GBU-22 i GBU-24.

Samolot jest przystosowany do holowania celu latającego A/A-37U-33 (1 szt.) oraz przenoszenia bomb atomowych B-57 i B-61 (do 5 szt.), a także specjalnych pocisków rakietowych ASAT, przeznaczonych do niszczenia sztucznych satelitów i innych obiektów na orbicie okołoziemskiej.

F/A-18 Hornet



Fot. 9 F/A-18D

F/A-18 Hornet (Szerszeń) to jednoosobowy samolot wielozadaniowy, myśliwsko-szturmowy morski i lądowy. Dwusilnikowy w układzie klasycznego średniopłata z podwoziem trójpunktowym z kołem przednim. Usterzenie pionowe zdwojone.

Samolot ma konstrukcję modułową struktury i silnika oraz pełną wymienność zamontowanego wyposażenia. Jest to rozwiązanie standardowe dla nowoczesnych samolotów wojskowych. Wymiana silnika jest możliwa nawet na górnym pokładzie lotniskowca, trwa zaledwie 20 minut, a wymagana przestrzeń za samolotem do tej operacji jest mniejsza niż długość samolotu. Całkowite przezbrojenie samolotu i przygotowanie do operacji innego typu wraz z uzupełnieniem paliwa zajmuje 10 minut. W przypadku wytrenowanego zespołu mechaników czas obsługi na jedną godzinę lotu wynosi zaledwie 7 roboczogodzin. Żywotność struktury samolotu oszacowano na 6000 godzin ale jego eksploatacja jest prowadzona według rzeczywistego stanu technicznego. Skrzydła są pasmowe o obrysie trapezowym z rozbudowaną mechanizacją. Są składane do hangarowania i postoju. Mają wznios ujemny 30°, wydłużenie 3.5, skos krawędzi natarcia 20° .

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

Zespół napędowy stanowią dwa silniki turbowentylatorowe General Electric F404-GE-402 EPE o maksymalnym ciągu statycznym z dopalaczem 80,3 kN. Posiadają

konstrukcję modułową, dwuwałowe o niskim stopniu dwuprzepływowości 0,27(34:1). Wyposażone są w sprężarkę niskiego ciśnienia trzystopniową a wysokiego ciśnienia siedmiostopniową. Całkowity stopień sprężenia wynosi 26:1. Zastosowano w nich komory spalania pierścieniowe jednoczęściowe. Turbiny wysokiego ciśnienia jednostopniowe z chłodzonymi łopatkami. Turbiny niskiego ciśnienia jednostopniowe. Sterowanie elektrohydromechaniczne. Układ sterowania. jest w pełni skomputeryzowany - system cyfrowy fly-by-wire oparty jest na dwu komputerach pokładowych AN/AYK-14, bazujący na procesorze Intell 8086 i opracowany przez firmę General Electric.

Wszystkie systemy przesyłania informacji są poczwórne. Lotki i sterolotki są używane do sterowania położeniem samolotu w osi podłużnej. Klapy, klapolotki i klapy przednie mogą być wychylane w czasie lotu na małej prędkości i w czasie walki są optymalizowane przez komputer pokładowy w celu uzyskania najlepszych własności lotnych. W czasie startu stery wysokości są dodatkowo wychylane dla zmniejszenia prędkości oderwania kółka przedniego. W przypadku awarii komputerów włączany jest awaryjny system sterowania, a w przypadku pełnej awarii zasilania możliwe jest jeszcze sterowanie sterami wysokości za pomocą połączenia mechanicznego. Kontrola wysokości, kierunku i prędkości lotu jest automatyczna. W razie utraty kontroli nad samolotem, utraty świadomości przez pilota itp. system automatycznie wyprowadza samolot do lotu poziomego w pozycji normalnej. W czasie takiego wyprowadzania najpierw regulowany jest położenie podłużne a dopiero potem koryguje kierunek lotu. Samolot może wykonywać automatyczne lądowanie przy współpracy z systemem naprowadzania zamontowanym na lotniskowcu.

WYPOSAŻENIE PILOTAŻOWO-NAWIGACYJNE :

Wielozadaniowy radar AN/APG-65 do atakowania celów powietrznych i naziemnych z kilkoma rodzajami pracy o zasięgu 55 km. Radar wspólnie ze sterującym komputerem może jednocześnie śledzić 10 celów. Wyświetlacz mapy firmy Honeywell zintegrowany został z centralną bazą danych tak, aby mapa była przesuwana zgodnie z kierunkiem ruchu samolotu. Ponadto F/A-18 jest wyposażony w inne systemy. Wielofunkcyjny monitor firmy Smith Industry. System nawigacji taktycznej AN/ARN-118 Tacan firmy Collins.

Radiostacje AN/ARC-182 dla zakresu UHF/VHF i DF-301E dla zakresu UHF/DF. Systemy ostrzegawcze Magnavox AN/ALR-50 i Litton AN/ALR-67 RWR. Wyświetlacz sytuacji poziomej GEC Ferranti FID 2035. System ostrzegania ITT/Westinghouse AN/ALQ-165. System nawigacyjny Litton AN/ASN-130A i GPS (od 1993). Wyświetlacz sytuacji poziomej GEC Ferranti-Bendix/King CRT. Wskaźnik przezierny Kaiser AN/AVQ-28. System do śledzenia celów naziemnych w podczerwieni Loral AN/AAS-38. System do podświetlania celu za pomocą promienia lasera GEC Feranti Type 117. Wyrzutnik pasków folii aluminiowej Goodyear AN/ALE-39. Zakłócający system samoobrony Sanders AN/ALQ-1268. System transmisji danych Harris AN/ASW-25 oraz odbiornik dekoder Eaton AN/ARA-63. Wskaźnik kursu ID-1791/A. Komputery Control Data AN/AYK 14 do kontroli układu sterowania. System łączności Cornac. Automatyczny system rejestrowania danych.

UZBROJENIE.

Sześciolufowe działko General Etectric M61AlVulcan o szybkostrzelności 6000 strz./min. Zapas amunicji 570 pocisków. Łuski po wystrzeleniu są gromadzone w specjalnym pojemniku. Dziewięć zewnętrznych węzłów do podwieszania uzbrojenia. Na końcówkach skrzydeł montowane są rakiety klasy powietrze-powietrze AIM-9 Sidewinder. Na węzłach podskrzydłowych można zamocować różnego rodzaju uzbrojenie powietrze-powietrze lub powietrze-ziemia.

Są to: rakiety klasy powietrze-powietrze AIM-7F Sparrow, AIM-9 Sidewinder, AIM-120 AMRAAM; rakiety powietrze-ziemia AGM-65F Maverick, AGM-84 Harpoon, AGM-88A HARM; bomby klasyczne Mk-36, Mk-82LD/HD, Mk-82LD, Mk-82R, Mk-83LG8 i Mk-84LD; bomby kasetowe Mk-20, CBU-30, CBU-59/B Rockey, CBU-78/B; bomby sterowane laserowo GBU-tOC/B, GBU-12B/B, GBU-16/B Mk-84 MODS; bomby napalmowe BLU-26 lub paliwowopowietrzne BLU-95, BLU-96; zasobniki rakiet niekierowanych z rodziny LAU-3, LAU-10 i LAU-32. Na węzłach zabudowanych na osłonach wlotów powietrza mogą znaleźć się rakiety AIM-7 lub zasobniki AN/ASQ-173, ADM-141 TALD, AN/AAS-38 NITE lub AN/AAR-50. Na węzłach wewnętrznych mogą zostać również zamocowane dodatkowe zbiorniki paliwa, ładunki nuklearne B-57 lub B-61/BDU. Na węźle podkadłubowym mogą być przenoszone bomby.

F-16C



Fot. 10 F-16C

Samolot Lockheed Martin **F-16C Fighting Falcon** jest jednomiejscowym, jednosilnikowym, lekkim, wielozadaniowym samolotem myśliwskim. Zbudowany został w układzie klasycznego średniopłata z pojedynczym statecznikiem pionowym, o konstrukcji mieszanej z przewagą stopów aluminium. Jest przeznaczony do wykonywania zadań myśliwskich i szturmowo-bombowych. Konstrukcję wykonano wg zasady bezpiecznego uszkodzenia (fail-safe). Żywotność struktury oszacowano na 8000 godzin, ale zmiana w taktyce w połączeniu z intensywną eksploatacją przekraczającą pierwotne oczekiwania spowodowały większe niż zakładano zużycie samolotów. W praktyce jednak program zarządzania flotą użytkowanych samolotów pozwolił użytkownikom utrzymać założoną żywotność F-1 6A/B. Samolot zaprojektowano tak, aby zapewnić szybką i prostą obsługę naziemną pozwalającą na krótki czas odtworzenia jego zdolności bojowej Przegląd po locie, uzupełnienie paliwa i płynów technicznych oraz załadowanie amunicji i podwieszenie uzbrojenia trwa od 15 do 30 min. W pokryciu samolotu umieszczono 250 wzierników kontrolnych, a ogółem 60 % powierzchni samolotu można łatwo demontować do obsługi bieżącej. Większość wzierników jest dostępna z ziemi lub ze skrzydeł. co ogranicza potrzebę stosowania dodatkowych pomostów obsługowych. Samolot może operować z lotnisk o niepełnym standardzie wyposażenia i z uszkodzoną infrastrukturą. Silnik może być uruchamiany bez korzystania ze źródeł zasilania lotniskowego.

Płat o obrysie trapezowym z prostymi krawędziami natarcia i spływu. Skrzydła łączą się z pasmami umieszczonymi na kadłubie. Kąt skosu krawędzi natarcia wynosi 40°, a krawędzie spływu są bez skosu. Klapy przednie są jednoczęściowe, o konstrukcji przekładkowej z wypełniaczem komórkowym z folii aluminiowej klejonym do pokrycia duralowego. Obie klapy są wychylane za pomocą rur skrętnych napędzanych pojedynczym siłownikiem hydraulicznym. Klapolotki o konstrukcji przekładkowej z wypełniaczem komórkowym z folii aluminiowej z klejonymi pokryciami duralowymi są napędzane siłownikami hydraulicznymi. Na końcach skrzydeł umieszczono prowadnice pocisków rakietowych powietrze-powietrze, które spełniają rolę mas przeciwflatterowych.

Kadłub składa się technologicznie z trzech części: przedniej, środkowej i tylnej. Podzespołem przedniej części kadłuba jest zespół wlotu powietrza. Cały kadłub ma konstrukcję półskorupową z pokryciem gęsto podpieranym wręgami i półwręgami (43 sztuki). Liczbę podłużnic zminimalizowano.

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

Zespół napędowy zawiera pojedynczy silnik dwuprzepływowy. W wersji F-16C Block 25, 32 i 42 jest to Pratt & Whitney F-100-PW-220 o ciągu bez dopalania (z dopalaniem) odpowiednio 65,3 kN (106,0) kN . W wersji F-16C Block30 i 40 - General Electric F110-GE-100 o ciągu z dopalaniem 122,8 kN. W nowszych F-16C Block 50 i 52 zastosowano nowe silniki o większym ciągu. W samolotach serii 50 są to F100-GE-129 o ciągu z dopalaniem 129,0 kN), a w serii 52 - F100-PW-229 o ciągu z dopalaniem 129,5 kN. Silnik F-100-PW-229 jest daleką modernizacją F100-PW-220, o konstrukcji modułowej. Obecnie produkuje się zestawy do modernizacji silnika 220 z wykorzystaniem elementów silnika 229 (przede wszystkim nowy wentylator i elektroniczny cyfrowy układ sterowania silnikiem). Taka odmiana jest oznaczana - 220P.

Silnik F-110-GE-129 stanowi modernizację silnika F110-GE-100 w ramach programu IPE (Improved Performance Engine – Silnik o udoskonalonych osiągach). Dzięki zastosowaniu cyfrowych urządzeń elektronicznych, liczbę części mechanicznych w układzie sterowania silnikiem zredukowano o ok. 50%. Konstrukcja silnika jest modułowa.

WYPOSAŻENIE AWIONICZNE

Jego podstawą jest radiolokator wielofunkcyjny Westinghouse AN/APG-68(V)5 (w starszych F-16C - AN/APG-68), pracujący w zakresie fal I/J. W odmianie (V)5 dodano moduł SA (Situation Awareness - Świadomość sytuacji) ostrzegający pilota przed zagrożeniem. Poczynając od Block 50/52 dodano cyfrowy wskaźnik mapy DTS. W warunkach idealnych maksymalny zasięg wykrywania dużych celów (bombowiec) na dużej wysokości wynosi 270 km . Dla niewielkich celów zmniejsza się on do ok. 170 km . Na tle ziemi analogiczne wartości wynoszą odpowiednio 220/130 km. Stacja może rozpocząć śledzenie celu w odległości równej ok. 60% odległości wykrycia. Możliwe jest jednoczesne śledzenie do 10 celów. Sytuacja widziana przez radiolokator jest przedstawiana na wielofunkcyjnych wskaźnikach firmy Honeywell (na ekranie widać też cele nie śledzone, ale nie jest prowadzony pomiar parametrów ich lotu). Cele śledzone przez stację są też przedstawiane na szerokokątnym wskaźniku przeziernym (HUD) firmy GEC-Marconi, który wyświetla informacje o podstawowych parametrach lotu oraz o wybranych celach. Przy zwalczaniu celów naziemnych i w nocy HUD może wyświetlać obraz z urządzenia LANTIRN . Stacja AN/APG-68 przygotowuje dane niezbędne do użycia pocisków rakietowych powietrze-powietrze i powietrze-ziemia. Do strzelania z działka procesor radiolokatora oblicza poprawkę i wskazuje na wskaźniku HUD punkt przelotu pocisków w określonej odległości. Na samolotach serii 40/42 i wczesnych 50/52 (do 50C/52C) stosuje się układ nawigacji i zwalczania celów na małych wysokościach i w nocy Martin Marietta LANTIRN, który mieści się w dwu zasobnikach. Zasobnik nawigacyjny AN/AAQ-13 podwiesza się na lewym węźle podkadłubowym, a celowniczy - AN/AAQ-14 - na prawym (odwrotnie niż na F-15E). W odmianie F-l6C/D Block 50D/52D, przeznaczonej do przełamywania obrony powietrznej przeciwnika zamiast zasobników LANTIRN podwiesza się na prawym węźle podkadłubowym zasobnik z urządzeniem AN/ASQ-213, służącym do przygotowania danych dla pocisków przeciwradiolokacyjnych AGM-88 Harm. Wyposażenie awioniczne zintegrowane jest układem przekazywania danych czterema szynami spełniającymi wymagania MIL-STD-1553B. Wyposażenie nawigacyjne zintegrowane jest przez komputer pokładowy firmy Teledyne, o pamięci operacyjnej 256 kB i mocy obliczeniowej 1,6 mln operacji na sekundę. Urządzenia nawigacyjne obejmują:

- inercjalny układ nawigacyjny Litton LN-39, a w nowszych seriach F-16C - Honeywell H-523 lub Litton LN-93;
- układ GPS/Navstar firmy Rockwell;
- układ nawigacyjny TACAN CollinsAN/ARN-118 i ILS AN/ RN-108;
- radiowysokościomierz AN/APN-232.

Urządzenia radiolokacyjne to:

- układ identyfikacji IFF Teledyne AN/APX-101;
- układ ostrzegania o opromieniowaniu Dalmo Victor AN/ALR-69 lub (w nowszych seriach) Loral AN/ALR-56M.

Łączność radiową zapewnia radiostacja UKF zakresu decymetrowego – Magnavox AN/ARC-164 Have Quick (w Block 50/52 - AN/ARC-126 Have Quick IIA) oraz UKF zakresu metrowego Collins AN/ARC-186 (w Block 50/52 - AN/ARC-205 Have Syne). Na samolotach wersji D stosuje się ponadto rozmównicę AWAIC-18 lub AN/AIC-25. Przewidziano również użycie szyfratora łączności fonicznej Magnavox KY-58. Można też zamontować radiostację KF Collins ARC-190.

UZBROJENIE

Uzbrojenie strzeleckie stanowi wewnętrzne sześciolufowe działko obrotowe General Electric M61 A1 kal. 20 mm o szybkostrzelności 6000 lub 4000 strz./min. z zapasem 511 pocisków. Można je uzupełnić działkiem GAU-8 kal. 30 mm montowanym w zasobniku GPU-5/A z zapasem 300 naboi pod kadłubem. Do przenoszenia uzbrojenia podwieszanego służy dziewięć węzłów: jeden podkadłubowy, po trzy podskrzydłowe i po jednym na końcach skrzydeł. Belki na końcach skrzydeł (o udźwigu maksymalnym 190 kg) i zewnętrzne podskrzydłowe mogą przenosić wyłącznie wyrzutnie LAU-114 służące do odpalania pocisków „powietrze-powietrze" krótkiego (Sidewinder) i średniego zasięgu AMRAAM AIM-120.

Pod każdym skrzydłem można ponadto podwiesić po dwie belki uzbrojenia, o łącznym udźwigu 2x3915 kg . Środkowe belki podskrzydłowe mogą również przenosić wyrzutnie LAU-114.

Uzbrojenie powietrze-powietrze stanowią samonaprowadzające się pociski krótkiego zasięgu na podczerwień typu AIM-9UM/NIP Sidewinder (do 6 szt.), pociski

średniego zasięgu AIM-120 (do 6 szt.), aopcjonalnie również pociski AIM-7 Sparrow (2 szt.) i pociski innych producentów (Mica, Magic II, Skyflash, Shafrir, Python).

Uzbrojenie powietrze-ziemia może składać się z bomb lub pocisków rakietowych.

W skład uzbrojenia bombowego mogą wchodzić:

- maks. 12 bomb konwencjonalnych Mk 82 (po 225 kg), 8 Mk 83 (po 450 kg) lub 4 Mk 84 (po 900 kg), a opcjonalnie inne typy bomb (Mk 36, BSU-49/50, BLU-109, BL-755);
- 2 bomby ślizgowe GBU-15 kierowane termowizyjnie;
- 2 lub 4 bomby GBU-10/-12 Paveway lub GBU-24 Pave Penny kierowane laserowo; wo (opcjonalnie francuskie bomby przeciwbetonowe BLU-107 Durandal);
- 1 bomba jądrowa 857;
- 10 kaset bombowych,Mk 20 RockeyeCBU-52/58/71 /87/89/97.

Uzbrojenie rakietowe „powietrze-ziemia" może obejmować:

- maks. 6 kierowanych termowizyjnie pocisków rakietowych powietrze-ziemia AGM-65D/-65G Maverick;
- 4 zasobniki LAU-3A z npr CRV-7;
- 2 przeciwradarowe AGM-88A/B/C Harm na środkowych zaczepach podskrzydłowych (do ich sterowania służy układ Texas Instruments ALIC), są podwieszane na belkach LAU-118, na których można też podwieszać pociski AGM-45 Shrike.

Oferowane są też: pocisk do niszczenia celów nawodnych AGM-119 Penguin, AGM 84 Harpoon, AS-30L.

Do lotów nad terytorium nieprzyjaciela zazwyczaj podwiesza się na węźle podkadłubowym zasobnik WRE AN/ALQ-131.

Ponadto na węźle podkadłubowym i węzłach podskrzydłowych można montować m.in. zasobniki:

- rozpoznawcze różnych typów
- walki radioelektronicznej (WRE);
- FLIR Pathfinder;
- ładunkowe MXU-648;
- z bombami szkolnymi SUU-200

- szkolny do strzelań rakiet p-p ACMI;
- z celem powietrznym 37U-36;
- celowniczy termowizyjny Ford Nite Owl.

Do przeciwdziałania nieprzyjacielskim stacjom radiolokacyjnym służą środki pasywne - w postaci wyrzutni pułapek termicznych i dipoli (Tracor AN/ALE-40, na Block 50 152 - AN/ALE-47)

AMX



Fot. 11 AMX

Samolot **AMX** jest jednomiejscowym samolotem szturmowym o prędkościach poddźwiękowych. Produkowany jest przez dwie firmy włoskie *Aeritalia* i *Aermacchi* oraz brazylijską *Embraer*. Zbudowany został w układzie górnopłata o konstrukcji metalowej (z wyjątkiem kompozytowego statecznika) Jest to nowoczesny samolot przeznaczony do bezpośredniego wsparcia ogniem broni pokładowej wojsk własnych, prowadzenia rozpoznania i do zwalczania celów powietrznych. Może działać na bardzo małych wysokościach w dzień i w nocy, w trudnych i w zwykłych warunkach atmosferycznych z lotnisk słabo wyposażonych. Zbudowany został w układzie grzbietopłata ze skosem skrzydła 27,5° . Kadłub samolotu jest konstrukcją półskorupową.

Aktualnie wykorzystywany jest w lotnictwie wojskowym Brazylii i Włoch. Z powodu niskiej ceny zakupu, prostej budowy oraz możliwości licencyjnej produkcji przez kraje o słabszym potencjale gospodarczym stanowi obok samolotu Hawk 200 ciekawą alternatywę rozbudowy lotnictwa w jednolity system samolotów szkolno-

bojowych i bojowych. Jest to powód dla którego te konstrukcje zostały poddane analizie razem z konstrukcjami znacznie bardziej awangardowymi.

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

Stanowi produkowany we Włoszech na licencji Rolls-Royce dwuprzepływowy turbowentylatorowy silnik odrzutowy RB.168 Spey o ciągu 4910 daN .

WYPOSAZENIE AWIONICZNE

Wyposażenie samolotu tworzą:

- system bliskiej nawigacji TACAN;
- inercjalny system nawigacyjny;
- system odniesienia kierunku i położenia VOR/ILS
- system celowania i zrzutu sterowany komputerowo;
- aktywny i pasywny system obrony elektronicznej;
- radiostacje UHF i VHF.

Kabina pilota wyposażona jest w wskaźnik przezierny HUD oraz wielozadaniowy wskaźnik obserwacji tylnej półsfery FLIR wykorzystujący promieniowanie podczerwone. Samolot przystosowany jest do wykorzystania wyposażenia specjalnego przeznaczonego do rozpoznania fotograficznego, radioelektronicznego i telewizyjnego.

UZBROJENIE

Uzbrojenie stałe stanowi sześciolufowe działko kalibru 20 mm Vulcan lub dwa działka kalibru 30 mm DEFA (w samolotach lotnictwa brazylijskiego).

Uzbrojenie podwieszane jest na 4 belkach podskrzydłowych 1 węźle podkadłubowym i 2 prowadnicach na końcówkach skrzydeł. Uzbrojenie stanowią kierowane i niekierowane pociski rakietowe różnych typów (m. in. pocisków rakietowych „powietrze-powietrze" AIM-9L Sidewinder lub MAA-1 Piranha) oraz bomby o łącznej masie do 3800 kg . (Duże zróżnicowanie wariantów uzbrojenia spowodowane jest innymi wymaganiami użytkowników samolotów).

Harrier



Fot. 12 Harrier Gr.7

Harrier GR.7 McDonnell Douglas/British Aerospace jest jednomiejscowym samolotem wsparcia pionowego/krótkiego startu i lądowania (V/STOL). Jest grzbietopłatem z podwoziem w układzie rowerowym. Napędzany jest silnikiem o zmiennym wektorze ciągu. Konstrukcja płatowca jest półskorupowa metalowo-kompozytowa (kompozyt -26,3%, aluminium -47,7%, inne -26%). Płat jest jednoczęściowy o obrysie trapezowym. Kąt skosu krawędzi natarcia wynosi 36°. Struktura nośna jest ośmiodźwigarowa, zbudowana z kompozytu epoksydowego zbrojonego włóknami węglowymi. Keson płata jest wieloobwodowy, wykorzystujący faliste ścianki dźwigarów oraz pokrycie, mieści zbiorniki na 2245 kg paliwa. Krawędź natarcia i końcówki są konstrukcji duraluminiowej, odpornej na uderzenia ptaków.

Pod każdym skrzydłem są cztery pylony, dwa wewnętrzne przystosowane do podwieszania dodatkowych zbiorników paliwa, zewnętrzny służy przede wszystkim do przenoszenia pocisków rakietowych powietrze-powietrze Sidewinder. Krawędź spływu podzielona jest w połowie rozpiętości przez gondole podwozia pomocniczego. Na zewnątrz gondol podwozia pomocniczego są lotki, wewnątrz znajdują się dwuszczelinowe klapy mające możliwość wychylania do 62°. Klapy napędzane są dwoma jednostkami elektrohydraulicznymi, które pozwalają na ruch z prędkością 7 °/s do położenia 25° i dalej do 62° z prędkością 64°/s. System sterowania samolotu jest elektronicznym fly-by-wire, który zapewnia ich symetryczne wychylanie oraz steruje

symetrycznym wychylanie lotek, wspomagającym klapy w czasie skróconego startu i lotów na dużych kątach natarcia. U nasady skrzydeł znajdują się dodatkowe powierzchnie nośne tzw. LERX (Leading-Edge RooteXtensions). W połowie rozpiętości skrzydeł jest jedna kierownica strug. Klapy, lotki, gondole podwozia i powierzchnie LERX wykonane są również z materiałów kompozytowych. Płat w całości może zostać zdjęty z kadłuba dając dobry dostęp do silnika. Kadłub technologicznie podzielony na trzy części: przednią, środkową i tylną. Część przednia, wykonana została w całości z kompozytu węglowego, mieści przedział awioniki i kabinę pilota.

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

Zespół napędowy samolotu stanowi dwuprzepływowy turbinowy silnik odrzutowy Rolls-Royce Pegasus Mk105, o ciągu maksymalnym 96,75 kN

Pegasus jest silnikiem dwuprzepływowym dwuwałowym, z trzystopniowym wentylatorem stanowiącym sprężarkę niskiego ciśnienia, ośmiostopniową sprężarką wysokiego ciśnienia, pierścieniową komorą spalania i dwustopniowymi turbinami wysokiego i niskiego ciśnienia. Chwyty powietrza o dużej powierzchni czołowej mają układ odsysania warstwy przyściennej oraz rząd pomocniczych otworów wlotowych otwierających się przy małej prędkości lotu. Krótkie kanały wlotowe łączą się za kabiną, tuż przed wentylatorem silnika. Silnik wyposażony jest w cztery ruchome, obrotowe dysze wylotowe znajdujące się po dwie symetrycznie z obu stron kadłuba, umożliwiające zmianę kierunku wektora ciągu. W warunkach normalnego lotu dysze skierowane są do tyłu, w czasie pionowych startów i lądowań pionowo w dół, w czasie walki powietrznej skierowanie ich w dół umożliwia wykonywanie ciasnych zakrętów, a skierowanie do przodu, maksymalnie o kąt 8.5° od położenia w dół, tworzy możliwość szybkiego hamowania. Przednia para dysz połączona jest z przepływem zimnym, natomiast tylna z przepływem gorącym.

WYPOSAŻENIE RADIOELEKTRONICZNE

Składa się z:

- radiostacji UHF/N/HF GEC Avionics AD3500 ECM;
- odbiornika systemu lądowania (all weather landing receiver) R-13798/ARA-63;

- systemu radionawigacyjnego TACAN firmy Collins RT-1159A/ARN-118;
- radiowysokościomierza RT-1015A/APN-1941V;
- układu przetwarzania danych Honeywell CV-3736/A;
- transpondera Cossor IFF 47760 kompatybilnego z amerykańskimi transponderami pracującymi według normy US MkX-IFF, a jeżeli RAF dokupi układy kodujące to urządzenie będzie pracowało według najnowszego standardu US MkXII-IFF;
- systemu nawigacji inercjalnej Litton AN/ASN-130A.

Choć początkowo stosowano na Harrierach GR.5 system nawigacyjny INS Ferranti FIN 1075 INS jednak ze względu na niemożliwość zapewnienia prawidłowego działania tego urządzenia zdecydowano się na wprowadzenie do użycia układu amerykańskiej firmy Litton stosowanego na AV-8B, i zaczęto go montować na brytyjskich Harrierach od grudnia 1988r. Obecnie jest rozpatrywany powrót do układu INS Ferranti w wersji FIN 1075G zintegrowanego z układem nawigacji satelitarnej GPS firmy GEC-Plessey składającego się z :

- pięciokanaiowego pozycjonera oraz precyzyjnego zegara;
- centrali danych areodynamicznych Garret Airesearch CP-1471 /A;
- wyświetlacza HUD firmy Smiths Industries SU-128/A z komputerem sterującym CP-1450/4;
- wielofunkcyjnego cyfrowego wyświetlacza nawigacyjnego DCMU umieszczonego z prawej strony tablicy przyrządów;
- monitora wielofunkcyjnego Kaiser IP-1318/A CRT umieszczonego z lewej strony tablicy przyrządów;
- systemu walki radioelektronicznej Marconi Defence Systems Zeus. Ważący 118kg system automatycznie wykrywa opromieniowanie przez obcy radar, ostrzega pilota i zakłóca ich sygnały. Składa się z urządzenia ostrzegającego o opromieniowaniu radarowym Litton AN/ALR-67 z antenami odbiorników sygnałów wysokiej częstotliwości wbudowanymi w końce skrzydeł i antenami sygnałów niskiej częstotliwości na końcu skrzydeł i w tylnej części płetwy ogonowej. Urządzenia zakłócającego z układami nadawczymi Northrop RF pod dziobem samolotu i w krawędzi prawej płyty steru wysokości, oraz procesora sterującego odpalaniem pasków folii w ostatnim etapie obrony samolotu, współpracującego z aktywnym radarem dopplerowskim, ostrzegającym o zbliżaniu

się pocisków rakietowych Plessey MAW, umieszczonym w owiewce w końcu ogona. Informacje o wykryciu sygnałów i jego parametrach są przekazywane przez odbiornik do układu zakłócającego, który rozpoczyna automatyczne zakłócanie jednocześnie częstotliwości nadawania, jak i samego sygnału (specyfikacja samolotu przewiduje zastosowanie wyrzutnika flar Trecon AN/ALE4O, ale nie jest on stosowany);

- kamery pracującej w podczerwieni FLIR GEC SENSOR UK MoD AN/ARR-51 FLIR i sprzężonych z nią okularów nocnego widzenia firmy GEC Avionic zamontowanych na hełmie pilota;
- układu poszukiwania i śledzenia celu Hughes Angle Rate Bombing Set AN/ASB-19 o dwóch trybach pracy: laserowym i telewizyjnym, pozwalających wykonywać precyzyjne bombardowanie w pierwszym podejściu, także z małej wysokości, zamontowanym w nosie samolotu.

UZBROJENIE:

Uzbrojenie artyleryjskie składa się z dwóch działek 25mm Royal Ordynance Factories o zapasie amunicji 100 szt. na działko, o szybkostrzelności 1650-1850 strzałów na minutę, będących wersją rozwojową starszych 30mm działek Aden, zamontowanych symetrycznie pod kadłubem samolotu. Gdy działka są niepotrzebne Harrier może być wyposażony w płetwy ustateczniające montowane w ich miejscu.

Samolot jest wyposażony w 9 węzłów podwieszeń o następującej dopuszczalnej masie ładunku: centralny podkadłubowy 454kg, podskrzydłowe wewnętrzne i środkowe po 907kg, dodatkowe przed podwoziem pomocniczym po 86kg wyłącznie na pociski Sidewinder lub ASRAM i zewnętrzne po 281 kg.

Samolot może być wyposażony w brytyjskie bomby kasetowe BL-755, amerykańskie CBU-87, a także brytyjskie bomby odłamkowo-burzące tzw. 1000 funtowe, bomby z amerykańskiego typoszeregu Mk80 w różnych konfiguracjach, zasobniki z niekierowanymi pociskami rakietowymi FFAR kal. 70mm, SNEB kal. 68mm lub CRV-7.

Podwieszanie pod pylonami uniwersalnych prowadnic dla sterowanych pocisków rakietowych typu Frezer-Nash Cameleon umożliwia stosowanie pocisków rakietowych Sidewinder, AMRAAM, ASRAAM, ALARM.

Najczęściej używaną wersją Sidewindera jest obecnie AIM 9L. Osprzęt samolotu jest dostosowany do użycia pocisków rakietowych powietrze-ziemia typu AGM-65 Maverick. Brytyjskie lotnictwo nie posiada tych pocisków, zapewniających jak wykazały doświadczenia wojny w Zatoce Perskiej wprost chirurgiczną celność trafienia. Możliwe jest też wyposażenie maszyny w znajdujące się w brytyjskich arsenałach bomby sterowane laserowo GBU- Paveway I i II wszystkich wersji, w tym w najnowszą GPU 123B, a także w adaptacje brytyjskich bomb 750 funtowych z głowicami laserowymi z amerykańskich bomb Paveway. Trwają obecnie rozmowy na temat zakupu przez RAF w USA bomb Paveway III. Na prawym zewnętrznym pylonie może być przenoszony wyrzutnik pasków folii metalowej do obrony radioelektronicznej typu Phimat francuskiej firmy Matra. Samolot może być też wyposażony w uzbrojenie ćwiczebne.

Jak-141



Fot. 13 Jak-141

Jak-141 (interesujący prototyp, którego program ze względów ekonomicznych został przerwany) to jednomiejscowy , pokładowy (pionowego startu i lądowania) samolot myśliwsko-szturmowy, który w założeniu miał być znacznie doskonalszym następcą Jaka-38.

Zbudowany został w układzie klasycznego górnopłata ze zdwojonym usterzeniem pionowym. Skrzydła skośne o małym wydłużeniu kącie skosu przedniej krawędzi 30° i wzniosu - 4° składane są dla ułatwienia bazowania na okręcie.

Około 26% masy konstrukcji płatowca stanowią kompozyty. Dominującym materiałem konstrukcyjnym są stopy aluminiowo-litowe odporne na korozję pod wpływem wody morskiej.

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

Silnik główny to turbinowy silnik odrzutowy R79 (marszowo – nośny), jest to jednostka dwuprzepływowa o ciągu 107,9 kN i 152 kN z dopalaczem, dwuwałowa z ruchomą dyszą zmieniającą kierunek wektora ciągu w płaszczyźnie pionowej w zakresie 0...95°. Jego dysza składa się z trzech segmentów poruszanych za pomocą silników hydraulicznych. Na uwagę zasługuje fakt, że może być ona obracana również w czasie pracy silnika na zakresie dopalania. Równowagę w zawisie samolotu uzyskiwano poprzez stosowanie sterów gazodynamicznych wykorzystujących część gazów wylotowych silnika głównego. Podczas skróconego startu dysza ta była ustawiana pod kątem 62...65°. Cechą charakterystyczną pracy tego silnika było niskie zużycie paliwa – 0,067 kg/Nh.

Za kabiną pilota umieszczone były dwa dodatkowe silniki nośne RD-41 o ciągu 40,2 kN każdy, mogące pracować do wysokości 2500 m i prędkości do 550 km/h. Są to silniki jednowałowe z siedmiostopniową sprężarką osiową o stopniu sprężania 6,25. Ich dysze zostały skierowane pod kątem 15° do przodu i mogły poruszać się w zakresie od –9° do +14° pozwalając na zachowanie równowagi we wszystkich fazach lotu i ułatwiając sterowanie samolotem. Czas pracy silników startowych jest ograniczony do 2,5 minut.

WYPOSAŻENIE RADIOELEKTRONICZNE

System wyposażenia prawdopodobnie zbliżony do MiG-29M z uproszczoną stacją radiolokacyjną S-41 i nahełmowym układem wskazywania celów bez celownika optoelektronicznego.

UZBROJENIE

Uzbrojenie stałe stanowi działko 30 mm GSz-301 z zapasem 120 nabojów. Pozostałe uzbrojenie to: podwieszane na czterech węzłach pociski rakietowe klasy „powietrze-powietrze" średniego zasięgu R-77 i R-27, oraz małego zasięgu R-73; rakiety przeciwokrętowe Ch-31A i Ch-35; rakiety przeciwradiolokacyjne Ch-31P, Ch-58 lub

Ch-25MP. Możliwe jest też podwieszanie zasobników z niekierowanymi pociskami rakietowymi oraz bomby. Łącznie można podwiesić 2600 kg uzbrojenia.

Mirage 2000



Fot. 14 Mirage 2000

Mirage 2000 jest jednomiejscowym, jednosilnikowym odrzutowym samolotem myśliwskim w układzie dolnopłata ze skrzydłem delta.

Modułowa budowa silnika, systemów i instalacji w znacznym stopniu upraszcza eksploatację samolotu i obniża jej koszty. Innym ułatwieniem użytkowym jest zastosowanie w systemach awioniki układów samotestujących.

Według producenta samolotu na 1 godzinę lotu przypada tylko 10,4 roboczogodzin obsługi. Rozmieszczenie punktów obsługowych sprzyja prowadzeniu prac przy wielu systemach i instalacjach jednocześnie, co obniża czas obsługi i odtwarzania zdolności bojowej samolotu. Trwałość konstrukcji jako całości obliczana jest na 25000 godzin lotu, trwałość węzłów wysoko obciążonych - na 5000 godzin (muszą one być wymieniane podczas okresowych napraw). Możliwe jest przedłużanie trwałości samolotu, zależnie od jego rzeczywistego stanu technicznego.

Wyniki pozorowanych walk powietrznych są bardzo korzystne dla samolotu i przedstawiają się następująco (dane producenta):

- Mirage 2000 przeciw F-16, z użyciem pocisków kierowanych - na 100 przeprowadzonych pojedynków w 72 zwyciężył Mirage, w 24 - F-16;

- Mirage 2000 przeciw F-16, z użyciem działek - na 100 przeprowadzonych pojedynków w 18 zwyciężył Mirage, w 8 - F-16;
- Mirage 2000 przeciw F-18, z użyciem pocisków kierowanych - na 100 przeprowadzonych pojedynków w 68 zwyciężył Mirage, w 28 - F-18.

ZESPÓŁ NAPĘDOWY SAMOLOTU

Zespół napędowy samolotu zawiera dwuprzepływowy turbinowy silnik odrzutowy SNECMA M-53-5 o ciągu 6720 daN bez dopalania i 9200 daN z dopalaniem. W nowszych egzemplarzach zastosowano silniki M-53P-2 o ciągu 9890 daN z dopalaniem. Rozruch silnika gazowy - przy użyciu małej turbiny rozruchowej Microturbo, napędzającej wał silnika M-53 przez przekładnię napędu agregatów silnika. Podstawowe dane silnika M-53P-2 są następujące:

- jednostkowe zużycie paliwa bez dopalania - 0,91 kg/daN×h;
- jednostkowe zużycie paliwa z dopalaniem - 2,12 kg/daN×h;
- masa silnika suchego - 1500kg;
- długość - 5,070 m;
- średnica - 1,055 m;
- stopień sprężania - 9,8;
- wydatek masowy powietrza - 94 kg/s;
- współczynnik dwuprzepływowości - 0,36;
- temperatura na wejściu do turbiny - 1533 K.

SNECMA M-53 jest konstrukcją powstałą w oparciu o silnik Atar 9. M-53 jest od swego poprzednika mniej skomplikowany (ma uproszczoną konstrukcję) i ma lepszą ekonomikę eksploatacji. Jest to, podobnie jak Atar 9, silnik dwuwałowy, lecz z 3-stopniową sprężarką niskiego i 5-stopniową sprężarką wysokiego ciśnienia, pierścieniową komorą spalania i 1-stopniowymi turbinami wysokiego i niskiego ciśnienia. Jest on wyposażony w dopalacz z regulowaną dyszą wielosegmentową i automatykę podobną jak na Atarze 9. Zastosowanie modułowej koncepcji budowy silnika ułatwia jego obsługę i naprawy.

WYPOSAŻENIE AWIONICZNE SAMOLOTU

Obejmuje radar dopplerowski ze zintegrowanym urządzeniem identyfikacyjnym Thomson-CSF, początkowo nazywany Cyrano 500, z płaską anteną o średnicy 0,70 m i

zasięgu obserwacji 100 km. Urządzenie radarowe może być wykorzystywane podczas akcji myśliwskich na różnych wysokościach, do naprowadzania pocisków rakietowych „powietrze-powietrze" typu półaktywnego oraz do lotów na małych wysokościach przy atakach na cele naziemne. Jest ono połączone z dwoma systemami wizualizacji barwnej. Stosowane są, zależnie od wersji czy samolotu, radary RDI (Radar Doppler á Impulse) - impulsowy lub RDM (Radar Doppler Monoimpulse) - monoimpulsowy. Oba te radary pracują w pasmach I i J, mają zasięg max. ok.110 km i są odporne na większość systemów zakłócających; wykonują wszystkie funkcje konieczne na pokładzie samolotów myśliwskich: wykrywanie, śledzenie celu, naprowadzanie pocisków, mapowanie, identyfikacja celów i samolotów własnych. W najnowszych wersjach samolotu zastosowano kolejną wersję tego radaru, oznaczoną RDY. Radar RDY ma parametry podobne do radarów RDM i RDI, lecz jego możliwości śledzenia celów są większe, zwłaszcza celów lecących na małych wysokościach.

W wersji Mirage 2000N zastosowano radar Antilope V - przystosowany do określania odległości od celu i śledzenia rzeźby terenu. Podobnie jak starsze radary Cyrano produkowany był w kilku wersjach (I, II, III, IV, V). Ostatnie wersje, pracujące w paśmie J, obok czysto bojowych funkcji wykrywania celów i naprowadzania pocisków kierowanych mają też funkcje nawigacyjne i śledzenie rzeźby terenu. Nadąża on ze śledzeniem rzeźby terenu przy wysokości lotu 90 m i prędkości 1100 km/h. Jego rozwinięciem jest radar Iguane. Laserowy znacznik celu Altis 2 (produkcji Thomson-CSF) ma zasięg do 10 km i możliwość obserwacji otoczenia w zakresie kąta pełnego wokół samolotu w płaszczyźnie poziomej oraz w zakresie kątów podniesienia 15° w górę i 160° w dół. System termowizyjny TRT FLIR 2000. Inne wyposażenie samolotu to:

- Wielofunkcyjny pilot automatyczny SFENA 605.
- System nawigacji inercjalnej z centralą SAGEM Uliss-52 i mikroprocesorem.
- System nawigacji taktycznej Deltac Tacan z urządzeniem Nadir 2.
- System informatyczny Digibus, przetwarzający dane o stanie lotu i pracy instalacji pokładowych. W skład systemu wchodzą połączone komputery hybrydowe USG 284 i 2084.
- System ostrzegawczy o opromieniowaniu wiązką radaru przeciwnika Thomson BF stosowany był w starszych wersjach samolotu - w nowszych Thomson-CSF Serval.

- Systemy łączności UHF i VHF firmy Crouzet - V/UHF TRT ERA 7000 i UHF TRT ERA 7200. Transponder/IFF NRAI-7A, VOR/ILS Socrat 8900, marker IO-300A. Radiowysokościomierz TRT AHV-6 w wersjach Mirage 2000C i 20008, AHV-12 w wersji Mirage 2000N, AHV-9 w wersjach eksportowych.
- Systemy wizualizacji danych w kabinie z wskaźnikiem HUD.

Możliwe jest podwieszanie pojemnika z urządzeniami do prowadzenia rozpoznania radioelektronicznego (automatyczny zasobnik TMV 018 Syrel, produkcji Thomson-CSF) i fotograficznego (z kamerami Dassault COR2) ewentualnie zasobnika z aparaturą zakłócającą Spirale - to urządzenie jest również wyposażone w rozpraszacz celów pozornych (flar) przeciw rakietom naprowadzanym na podczerwień. Mogą też być stosowane urządzenia do aktywnego przeciwdziałania elektronicznego Remora i Caiman produkcji Thomson-CSF, również podwieszane w zasobnikach, zasobniki z radarem obserwacji bocznej SLAR oraz zasobniki Harold do skośnego fotografowania.

UZBROJENIE

Uzbrojenie strzeleckie samolotu składa się z: dwu działek DEFA-554 kalibru 30 mm z zapasem amunicji po 125 nabojów na działko, umieszczonych w dolnej części kadłuba. Działko DEFA-554 jest automatycznym działkiem rewolwerowym jednolufowym z pięciokomorowym bębnem nabojowym z osią usytuowaną poniżej osi lufy. Konstrukcyjnie jest ono wzorowane na działku Mauser MG-213C. Do napędu działka wykorzystana jest energia gazów powstających podczas wystrzału. Działko to jest ostatnim z ciągu rozwojowego DEFA-552, -553 i -554, zostało opracowane początkowo specjalnie dla samolotu Super Mirage 4000. W porównaniu z poprzednimi modelami ma większą szybkostrzelność i więcej zalet eksploatacyjnych, jednak kosztem podwyższonego ciężaru.

Zasobniki amunicyjne do działek mieszczą się pod środkową częścią kadłuba. Prędkość wylotowa pocisku wynosi 820 m/s, jego masa 244 g, szybkostrzelność 1200 lub 1800 strzałów na minutę a masa działka – 85 kg. Działko ma możliwość prowadzenia ognia ciągłego bądź seriami w czasie ograniczonym do 1,0 lub 0,5 s. Odpalanie działka sterowane jest elektrycznie. Działko zasilane jest amunicją z taśmy nabojowej, przy czym w jego przypadku kierunek zasilania (lewy lub prawy) jest obojętny konstrukcyjnie, a działka po obu stronach samolotu są identyczne. Trwałość lufy

działka określa się na ok. 5000 strzałów. Przeładowanie działka - na ziemi - ręczne, w locie - za pomocą pironaboju.

Uzbrojenie podwieszane na węzłach skrzydłowych i kadłubowych może być kompletowane z różnych środków bojowych w postaci bomb, pojemników z niekierowanymi pociskami rakietowymi „ziemia-ziemia", pocisków kierowanych różnych typów, zasobników do minowania z powietrza, zbiorników dodatkowych oraz pojemników z działkami bądź aparaturą do prowadzenia rozpoznania. Pociski kierowane i samonaprowadzające „powietrze-powietrze", w jakie może być uzbrajany Mirage 2000 to pociski produkcji francuskiej firmy MATRA: R.530, Super 530, R.550 Magic i Mica w różnych wariantach. Możliwe jest zastosowanie starszych pocisków R.510 i R.511. Na życzenie niektórych odbiorców system uzbrojenia jest dostosowany do pocisków produkcji amerykańskiej. Kierowane i samonaprowadzające się pociski rakietowe „powietrze-ziemia" i „powietrze–woda" stosowane na Mirage 2000 to przede wszystkim pociski produkowane przez Aerospatiale: AS-20, AS-30, AS-30L, AS-37 Martel i AM-39 Exocet. Podobnie jak w poprzednim przypadku możliwe jest dostosowanie systemu uzbrojenia do innych pocisków.

Oprócz pocisków kierowanych samolot może być uzbrajany w zasobniki z pociskami niekierowanymi SNEB kal. 68 mm i Hotchkiss-Brandt kal. 100 mm z różnymi typami głowic (odłamkowymi, dymnymi, szkolnymi, kumulacyjno-odłamkowymi i przebijającymi). W skład uzbrojenia podwieszanego może też wchodzić bomba atomowa lub pocisk rakietowy ASMP z głowicą nuklearną.

Bomba atomowa, przeznaczona dla samolotów Mirage 2000N, jest przystosowana do zrzutu w locie z dużą prędkością (ok.1100 km/h) ze skrajnie małej wysokości przy użyciu spadochronowego systemu hamowania aerodynamicznego. Ten wariant bomby jest także przeznaczony dla wersji Mirage IV dostosowanych do przenikania obrony przeciwnika w locie na bardzo małej wysokości.

Następcą bomby atomowej jest pocisk strategiczny ASMP (Air-Sol Moyenne Portee) o średnim zasięgu. .Jest on wyposażony w startowy silnik rakietowy na paliwo stałe i w marszowy silnik strumieniowy. Pocisk ASMP jest wyposażony w inercjalny system nawigacyjny o wysokiej precyzji. Pocisk ASMP jest przewidziany jako uzbrojenie samolotów Mirage 2000N, Mirage IVP i ewentualnie także pokładowych Super Etendard.

Ostatnim przewidywanym obecnie rodzajem uzbrojenia samolotu Mirage 2000 jest „inteligentny" latający zasobnik APACHE (Arme Propulse A Charge Ejectable). Mirage 2000 może przenosić 3 takie zasobniki. APACHE jest samolotem bezpilotowym o modułowej konstrukcji służący do przenoszenia różnego rodzaju subamunicji (miny, bomby przeciwpancerne, bomby kasetowe małego kalibru). Pod względem koncepcji i układu przypomina amerykański pocisk Tomahawk. Jest napędzany silnikiem odrzutowym, dysponującym zapasem 95 kg paliwa. Jego masa wynosi 1200 kg, zasięg do 150 km.

Zrzut bomb i innych zasobników podwieszanych jest możliwy przy przeciążeniach nie przekraczających +5,5 / -2,2.

Su-27



Fot. 15 Su-27

Su-27 jest naddźwiękowym wielozadaniowym samolotem myśliwskim czwartej generacji przeznaczonym do wywalczania przewagi w powietrzu. Przystosowany jest do wykonywania długotrwałych lotów, patrolowania oraz prowadzenia walki manewrowej. Może zwalczać cele naziemne i nawodne w strefie operacyjnej. Samolot powstał w byłym ZSRR jako przeciwwaga dla amerykańskiego F-15.

Su-27 jest jednomiejscowym średniopłatem napędzanym przez dwa silniki turbowentylatorowe z dopalaczami. Kadłub o konstrukcji półskorupowej z wysoko położoną kabiną wyposażoną w fotel katapultowy K-36DM II serii. Na grzbiecie

znajduje się duży hamulec aerodynamiczny. Zakończenie kadłuba stanowi charakterystyczne „żądło" umieszczone pomiędzy silnikami i wychodzące poza obrys dysz na ok. 2 m, przyczyniające się do zmniejszenia oporu falowego i zawierające radiolokacyjną do obserwacji i ochrony tylnej półsfery samolotu. W zakończeniu „żądła" mieści się spadochron hamujący, natomiast po obu stronach znajdują się owiewki zawierające wyrzutnie pułapek termicznych oraz anteny systemów WRE samolotu. Chwyty powietrza o przekroju prostokątnym umiejscowione są pod centropłatem. Usterzenie pionowe jest zdwojone, klasyczne poziome płytowe spełniające rolę sterolotek. W samolocie nie przewiduje się stosowania podwieszanych zbiorników paliwa.

WYPOSAŻENIE RADIOELEKTRONICZNE I UZBROJENIE

Awionika. System sterowania i nawigacji stanowi zintegrowany kompleks nawigacyjno-celowniczy PrNK-27 w składzie: centrala danych aerodynamicznych, inercjalny system nawigacyjny, układ kursu, automatyczny radiokompas ARK-20 (ARK-22), radiotechniczny układ bliskiej (A-317) i dalekiej nawigacji, radiowysokościomierz A-38, układ lądowania wg przyrządów ILS (minimalne warunki do lądowania - widzialność 800m przy podstawie chmur 60m), system automatycznego sterowania. System kierowania uzbrojeniem: koherentny, impulsowy radiolokator dopplerowski RŁPK-27 (N001 Miecz) zdolny do wykrywania celów o dużej SPO na odległość ok. 240 km, a odległość śledzenia wynosi ok. 185 km. Posiada możliwość wykrywania i śledzenia celów na tle ziemi oraz może wykrywać małe i nisko lecące cele między innymi rakiety samosterujące (rzeczywisty zasięg maleje wówczas 2...3-krotnie). Inną właściwością radiolokatora jest wprowadzony zakres bliskiej manewrowej walki powietrznej, gdy antena nie porusza się w azymucie, a jedynie wykonuje szybkie ruchy w pionie. System ten może śledzić jednocześnie 10 celów, lecz umożliwia wskazanie celu tylko jednej rakiecie. Radiolokator zintegrowany jest z biernym układem poszukiwania i śledzenia w podczerwieni sprzężonym z dalmierzem laserowym OEŁS (zasięg wykrywania ok. 70 km) oraz nahełmowym układem wskazywania celów NSC-27. Kompleks przystosowany jest do współpracy z systemami wykrywania i naprowadzania na cel umieszczonymi na samolotach MiG-31 i A-50 oraz stanowiącymi wyposażenie naziemnych SD, które mogą, zależnie od sytuacji bojowej,

decydować o sposobie użycia uzbrojenia samolotu. Możliwość taką daje aparatura radioliniowa SPEKTR. Dane nawigacyjne oraz sytuacja bojowa z zewnętrznego systemu dowodzenia zobrazowana jest na wskaźniku przeziernym HUD. O sytuacjach awaryjnych pilot ostrzegany jest przez informator głosowy. System łączności radiowej: 2 radiostacje zakresu UKF (I i II pasmo lotnicze), radiostacja zakresu KF. System identyfikacji i ostrzegania: stacja ostrzegania o opromieniowaniu i oświetleniu laserem REP-SPO-15 BIERIOZA, układ identyfikacji „swój-obcy" (różny w kolejnych seriach produkcyjnych, m.in. SRO, PAROL, MARKA), układ aktywnej odpowiedzi SO-69. Samolot wyposażono w środki WRE m.in. stację zakłóceń aktywnych „SORBCJA", urządzenia zakłóceń pasywnych APP-50 (96 wyrzutni pułapek termicznych i przeciwradiolokacyjnych).

Uzbrojenie stałe stanowi 30 mm pokładowe działko GSz-301 z zapasem 150 szt. amunicji. Pozostałe uzbrojenie stanowią KPR p-p typu R-27T, R, ET, ER, EM, R-73 E, R-77 podwieszane na 10 węzłach. Do zwalczania obiektów naziemnych środki niekierowane o masie do 6000 kg .

JAS 39 Gripen



Fot. 16 GRIPEN JAS-39

JAS-39 Gripen (Gryf) jest jednomiejscowym, jednosilnikowym, wielozadaniowym samolotem bojowym czwartej generacji. Jest najlżejszym samolotem

w swojej klasie, a ponadto zastosowano w nim najnowsze osiągnięcia techniki oraz technologie powstałe w latach 80-tych.

Konstrukcja samolotu to tzw. układ kaczka ze skrzydłami delta oraz przednią powierzchnią sterową typu Canard, co zapewnia dobre osiągi i właściwości pilotażowe. Usterzenie pionowe w układzie klasycznym. Zastosowanie nowych technologii a w tym materiałów kompozytowych w ilości ok. 30% masy konstrukcji pozwoliło na obniżenie o ok. 25% masy całkowitej samolotu. Podwozie jest trójzespołowe z 2-kołową golenią przednią, oraz 1-kołowymi goleniami głównymi. Napęd stanowi dwuwałowy, turbowentylatorowy silnik odrzutowy o małym stosunku dwuprzepływowości firmy General Electnic / Volvo Flygmotor RM12, będący zmodernizowaną wersją silnika F404-400 z samolotu F/A- 18 Hornet. Kabina samolotu wyposażona w fotel katapultowy klasy 0-0 firmy Martin Baker typu Mk. 10-SlOLS.

WYPOSAŻENIE RADIOELEKTRONICZNE

Awionika. System sterowania i nawigacji: cyfrowy, elektroniczny zestaw sterowania fly-by-wire, pięć komputerów typu D80 (procesor32-bitowy, 6...7 mln operacji na sekundę) przeznaczonych do sterowania pracą radiolokatora, kontroli pracy monitorów obrazowych, sterowania urządzeniami zakłócającymi oraz jeden z nich pełni rolę jednostki centralnej. Wykrycie przeciwnika zapewnia wielofunkcyjny radiolokator PS-5/A pracujący w paśmie X, z impulsową kompresją zmodulowanych sygnałów. Wiązki fal są ukształtowane elektronicznie, co wraz z cyfrową obróbką sygnału umożliwia użycie radiolokatora do różnych zadań. Zakresy pracy radiolokatora podczas zwalczania obiektów powietrznych:

- dalekie przeszukiwanie przestrzeni powietrznej (maksymalny zasięg wykrycia samolotu o SPO powyżej 18 m^2 - 160 km, taktycznego bombowca np. Su-24 ok. 100 km taktycznego myśliwca np. MiG-29 ok. 75 km
- śledzenie wykrytych celów z jednoczesną obserwacji przestrzeni powietrznej. W tym rodzaju pracy radiolokator śledzi do 8 celów, szereguje je wg. stopnia zagrożenia oraz programuje układy naprowadzania KPR p-p AIM-120 AMRAAM, a po ich odpaleniu zapewnia korekcję w połowie drogi rakiety do celu. Na odległości poniżej 20 km stacja przechodzi na zakres śledzenia dotychczasowych i wykrywania nowych celów w szerszym sektorze, ale w zasięgu do 20 km;

- manewrowa walka powietrzna. W tym rodzaju pracy zasięg stacji jest ograniczony do 10 km, natomiast strefa obserwacji i szybkość przeszukiwania przestrzeni powietrznej osiągają wartości maksymalne. Wiązka radiolokacyjna przejmuje sterowanie osią optyczną rakiet Rb. 74 (AIM-9L), a komputer sterujący pracą radiolokatora równocześnie rozwiązuje zadania użycia tych rakiet oraz działka.

Stacja radiolokacyjna może być również wykorzystywana do nawigowania, wykonywania precyzyjnej mapy terenu, wykrywania i pomiaru odległości do obiektów naziemnych, poszukiwania i wskazywania celów morskich dla rakiet RBS-15F. Opracowywany przez firmę Ericsson celownik nahełmowy ODEN zapewnia sterowanie radiolokatorem w warunkach zakłóceń radioelektronicznych i w stosunku do celów bardzo gwałtownie manewrujących.

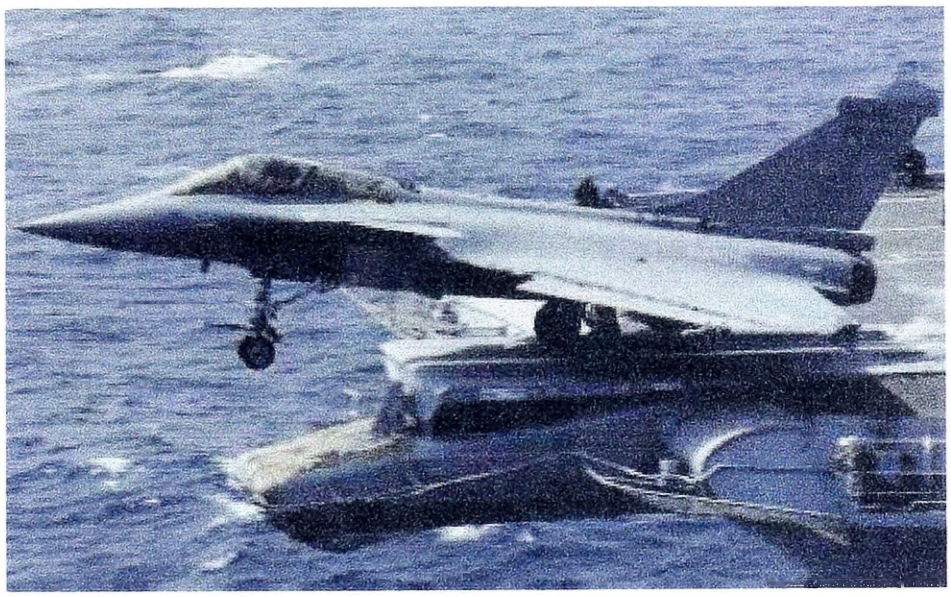
Radiolokator współpracuje z temnowizyjnym urządzeniem OTIS FLIR. Po pełnej integracji obu systemów informacje za stacji radiolokacyjnej oraz obrazy z kamery termowizyjnej będzie można nakładać na siebie, co uodporni system celowniczy samolotu na zakłócenia radioelektroniczne. W wyposażeniu samolotu znajdują się nowej generacji urządzenia nawigacyjne (GPS, INS z zespołem żyroskopów laserowych). System łączności radiowej: radiostacja VHF/UHF Bofors typ AMR 345.

UZBROJENIE

Uzbrojenie stałe samolotu stanowi działko typu Mauser BK 27 kalibru 27 mm. W wariancie myśliwskim samolot może być uzbrojony w KPR p-p typu Rb.74 (AIM-9L) oraz AIM-120A. Dobór uzbrojenia do zwalczania obiektów naziemnych pokierowany jest nową koncepcją, zakładającą precyzyjne uderzenia na wyselekcjonowane dzięki dobremu rozpoznaniu obiekty przy użyciu precyzyjnych środków rażenia. Przewiduje się atakowanie tych celów spoza zasięgu ich bezpośredniej obrony przeciwlotniczej. Stąd też brak bomb klasycznych w arsenale przenoszonego przez samolot uzbrojenia. Proponowane środki rażenia to KPR „p-z" typu Rb.75 (AGM-65B), zasobniki DWS-39 oraz NPR kal. 135 mm w zasobnikach Bofors M70. Do zwalczania obiektów nawodnych KPR „p-w" RBS-15F. Łączna masa przenoszonego uzbrojenia wynosi 4200 kg na 7 węzłach (2 na końcówkach skrzydeł, 4 podskrzydłowych i centralny podkadłubowy).

W opiniach znawców wyrażonych m.in. na łamach znanego pisma Interavia samolot JAS 39 Gripen uważany jest za potencjalnego kandydata do powtórzenia sukcesu eksportowego samolotów F-16 i MiG-21. Powodem tego jest zakończenie zimnej wojny, związane z tym zredukowanie budżetów wojskowych oraz wzrost zapotrzebowania na samoloty wielozadaniowe. Niewątpliwą zaletą samolotu jest to iż projektowano go jako przeznaczony do zwalczania najnowszych rosyjskich samolotów myśliwskich Su-27 i Su-35.

Rafale



Fot. 17 Rafale

Rafale jest samolotem wielozadaniowym najnowszej generacji mającym wejść do uzbrojenia sił powietrznych (Rafale D i szkolno-treningowy Rafale B) oraz lotnictwa marynarki wojennej Francji (Rafale M). W związku z zaniechaniem zakupu F/A- 18. priorytet uzyskała wersja morska i ona w pierwszej kolejności będzie produkowana seryjnie. Samoloty te mają zastąpić Mirage F.l, Mirage III. Mirage IVP, Mirage V, Super Etendard, Jaguar i Crusader. Rafale D to jednomiejscowy, dwusilnikowy samolot wielozadaniowy, wykonany w układzie średniopłata z materiałów metalowych i kompozytowych. Skrzydła w kształcie delty, z krawędzią natarcia o dużym skosie. Kadłub półskorupowy wykonany ze stopów lekkich i kompozytów (ok. 50%). Usterzenie pionowe klasyczne, poziome w układzie Canard. Podwozie trójzespołowe, przednie 2-kołowe, główne 1-kołowe, obliczone na przyziemienie z prędkością opadania 4 m/s. Układ sterowania aktywny fly-by-wire. Napęd stanowią dwuwałowe,

dwuprzepływowe turbinowe silniki odrzutowe M88-2 z dopalaczem. Kabina wyposażona w fotel katapultowy odchylony pod kątem 29° do tyłu klasy 0-0 firmy SEMMB. Rozmieszczenie wyposażenia zgodnie z zasadą HOTAS. Samolot może przekraczać prędkość dźwięku na zakresie pracy silników bez dopalania.

WYPOSAŻENIE RADIOELEKTRONICZNE I UZBROJENIE

Awionika. System nawigacyjno-celowniczy oraz kierowania uzbrojeniem samolotu Rafale stanowi kompleks składający się z: radiolokatora RBE-2, optoelektronicznego zintegrowanego układu wykrywania (OSF-Optronigue Sekteur Frontal), systemu samoobrony (przeciwzakłóceniowego) SPEKTRA, centralnego systemu elektronicznego wraz z elementami łączności z pilotem, elementów łączności SATURN i transmisji danych MIDS oraz uzbrojenia integralnego i podwieszanego. Radiolokator pokładowy RBE-2 został zbudowany w/g koncepcji poszerzonej wielozadaniowości tzn. został wyposażony w układ zmieniający przemiennie zakresy pracy, co pozwala przeszukując powierzchnię terenu, obserwować jednocześnie przestrzeń powietrzną. Stosowane zakresy fal, rodzaj ich modulacji oraz sposób przeszukiwania są dobrane optymalnie w stosunku do zadania i sytuacji. W reżimie kartograficznym zabezpiecza automatyczny lot nad powierzchnią ziemi z omijaniem przeszkód terenowych oraz zachowaniem stałej wysokości względem rzeźby terenu w zakresie prędkości 370...1100 km/h. W reżimie obserwacji przestrzeni powietrznej zasięg wykrywania celów wynosi 110 km z możliwością śledzenia do 8 z nich od 90 km w górnej półsferze oraz 65 km na tle ziemi. Sektor obserwacji ± 70° w pionie oraz ± 60° w poziomie. Drugi komponent systemu - OSF - składa się z czujnika podczerwieni oraz czujnika optycznego. Pierwszy z nich wykrywa cele powietrzne, nawodne oraz w mniejszym zakresie naziemne, drugi natomiast pozwala na dokładną identyfikację celów naziemnych. Ponadto w ramach systemu znajduje się dalmierz laserowy. OSF, w zależności od warunków lotu, zapewnia przeszukiwanie przedniej półsfery do odległości 75 km i identyfikację celów w odległości do 24 km. Trzecim komponentem systemu jest SPECTRA - zespół zintegrowanych czujników (ok. 20) i środków przeciwzakłóceniowych. Posiada szerokopasmowy detektor sygnałów elektromagnetycznych oraz środki do zakłócania tych sygnałów, detektor promieniowania laserowego i podczerwonego oraz zestaw pułapek termicznych i dipoli.

Innymi urządzeniami ułatwiającymi pilotaż oraz zastosowanie uzbrojenia jest układ sterowania głosem oraz celownik nahełmowy. System nawigacyjny samolotu, oprócz wcześniej wymienionego kompleksu, posiada także układ inercjalny Sigma RL 90 firmy Sagem oparty na żyroskopach laserowych oraz GPS-NAVSTAR. Urządzenia łączności umożliwiają prowadzenie korespondencji radiowej oraz transmisję danych w relacjach samolot-samolot i samolot-ziemia. Całość dopełnia urządzenie IFF typu NIS.

UZBROJENIE

Uzbrojenie stałe stanowi 30 mm działko typu DEFA 791B o szybkostrzelności 2500 strz./min. W wariancie myśliwskim samolot można uzbroić w KPR p-p typu MICA, R.550 Magic 2 (AIM-120, AIM-9 na życzenie odbiorców). Do zwalczania obiektów naziemnych kierowane i niekierowane środki rażenia o łącznej masie do 6000 kg na 14 węzłach.

EFA 2000



Fot. 18 EUROFIGHTER EFA 2000

EFA 2000 Eurofighter (Typon)jest jednomiejscowym samolotem myśliwskim w układzie dolnopłata z usterzeniem przednim. Przeznaczony jest głównie do walki powietrznej z możliwością użycia do zwalczania obiektów naziemnych i nawodnych. Charakteryzuje się dużą zwrotnością oraz właściwościami STOL (Short Take Off and Landing - skrócony start i lądowanie). EFA-2000 jest konstrukcją na bardzo nowoczesną. W konstrukcji płatowca wykorzystano w znacznej mierze materiały

kompozytowe, stopy aluminiowo-litowe (tzw. „litale") oraz stopy tytanu. Posiada skrzydła wolnonośne, trójkątne, wykonane zostały głównie z kompozytów zbrojonych włóknami węglowymi. Przednie płytowe powierzchnie sterowe wykonano z tytanu. Kadłub półskorupowy wykonany głównie z kompozytów zbrojonych włóknem węglowym. Usterzenie ogonowe składa się tylko ze statecznika pionowego. Podwozie trójpodporowe z dwukołowymi goleniami głównymi składanymi w kierunku kadłuba oraz jednokołową golenią przednią składaną do tyłu. Posiada prostokątne wloty powietrza do silników usytuowane pod przednią częścią kadłuba. Górna krawędź wlotów jest stała, dolna krawędź ruchoma.

Układ sterowania samolotu jest przewodowy (fly-by-wire) nadzorowany przez komputer, zapewniający utrzymanie obciążeń samolotu w dozwolonych granicach. Dane o sytuacji taktycznej, pilotażowo-nawigacyjnej oraz o stanie systemów samolotu zobrazowane na trzech kolorowych wyświetlaczach wielofunkcyjnych HDD oraz na szerokokątnym wskaźniku przeziernym HUD. Rozmieszczenie przełączników zgodnie z zasadą HOTAS.

WYPOSAŻENIE RADIOELEKTRONICZNE

W samolocie zostanie zastosowany radiolokator ECR 90 specjalnie zaprojektowany dla EFA przez wielonarodowe konsorcjum (Wielka Brytania, Hiszpania, Włochy, RFN). Jest to wielofunkcyjny radiolokator dopplerowski o zakładanych parametrach zasięgu wykrywania 92...148 km. Planuje się, że będzie w stanie śledzić do ośmiu celów na tle ziemi. W systemie kierowania uzbrojeniem planuje się wyposażenie pilota w nahełmowy wyświetlacz niezbędny podczas celowania oraz umożliwiający wizualizację informacji uzyskiwanych z czujników FLIR.

Nowością w samolocie jest urządzenie umożliwiające wprowadzanie pewnych danych za pomocą głosu pilota DVI (Direct Voice Input). W skład awioniki wejdzie nowoczesny system łączności oraz system obrony DASS (Defensive Aids Sub-System) który stanowią urządzenia do walki radioelektronicznej, układ celów pozornych oraz wyrzutnik flar i pasków folii metalizowanej.

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

Napęd stanowią dwa dwuwałowe turbowentylatorowe silniki Eurojet EJ200.

Są to dwuprzepływowe jednostki o ciągu bez dopalacza 60 kN i 89,9 kN z włączonym dopalaczem.

UZBROJENIE

Uzbrojenie stałe stanowi wbudowane 27 mm działko umieszczone wewnątrz kadłuba.

Samolot posiada 5 węzłów podkadłubowych oraz 8 podskrzydłowych na których może przenosić uzbrojenie w zależności od planowanych zadań. W wariancie myśliwskim będą to rakiety AIM-120A, AIM-132, AIM-9L/M. Do zwalczania obiektów naziemnych środki kierowane i niekierowane w dowolnej, zależnej od potrzeb konfguracji, o masie do 6500kg.

F-22 Raptor



Fot. 19 F-22

F- 22 Raptor jest jednomiejscowym, jednosilnikowym samolotem myśliwskim w układzie średniopłata. Kształt samolotu został tak dobrany aby uzyskać jak najmniejszą wykrywalność przez środki radiolokacyjne i obserwacji w podczerwieni. Zostało to osiągnięte przez użycie odpowiedniej bryły płatowca i zastosowanie w dużym udziale materiałów i powłok pochłaniających mikrofale. W bardzo dużym stopniu wykorzystano materiały kompozytowe. Ogólne gabaryty zewnętrzne są bardzo

zbliżone do wymiarów samolotu F-15, co podyktowane jest standardowymi rozmiarami schronohangarów USAF.

Skrzydła samolotu o obrysie trapezoidalnym bez wzniosu, skos krawędzi natarcia skrzydeł 42 stopnie, skos krawędzi spływu 17 stopni, wydłużenie skrzydeł 2,36, krawędź spływu załamana pod kątem 42 stopni między końcem lotki a końcówką równoległą do osi symetrii, ujemny wznios przy krawędzi 3,25 stopnia, skręcenie przy nasadzie 0,5, przy końcówce 3,1 stopnia, grubość względna profilu 5,92 przy nasadzie i 4,29 przy końcówce. Skrzydła mają konstrukcję wielodźwigarową z dźwigarami obrabianymi skrawaniem z tytanowych odkuwek (największa odkuwka na świecie 5,4 m wykonana z tytanu). Pozostała część szkieletu skrzydła to elementy kompozytowe. W prototypie YF-22 zastosowano więcej elementów kompozytowych termoutwardzalnych w seryjnych F-22 dominować będą tańsze materiały termoplastyczne. Mechanizacja skrzydeł obejmuje zewnętrzne jednoczęściowe lotki i duże wewnętrzne klapolotki również jednoczęściowe zajmujące praktycznie całą krawędź spływu. Dodatkowo można wyodrębnić klapy przednie noskowe wychylane w górę 3 i dół 35 stopni (możliwe jest przekroczenie tego zakresu o 2 stopnie w górę tzw. *overtravel*). Lotki wychylane są 20 stopni do góry i do dołu , a klapolotki do góry 20 i do dołu 40 stopni.

Układ sterowania - potrojony, cyfrowy układ sterowania przewodowego *(fly-by-wire)* ze światłowodową transmisją danych o prędkości transmisji danych 100 MB/s, opracowany przez firmę *Lear Astronics*. W samolocie prototypowym zastosowano boczny drążek sterowy, podobnie jak w samolocie F-16, jednak przy produkcji samolotów seryjnych postawiono na rozwiązanie klasyczne z drążkiem zabudowanym po środku. Architektura jest modułowa z wymienialnymi zespołami. Wykorzystanie dysz silników o zmiennym wektorze ciągu pozwala na skuteczne kierowanie pochyleniem samolotu przy małych prędkościach lotu i dużych kątach natarcia. Podczas prób w locie prototypów 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.

ZESPÓŁ NAPĘDOWY

Zespół napędowy stanowią dwa silniki dwuprzepływowe turbowentylatorowe o ciągu maksymalnym 156 kN każdy. Oficjalnie nie podano wartości ciągu pełnego z

dopalaniem, jednak można ją oszacować na około 170 kN. W prototypach przetestowano dwa typy silników G*eneral Electric* YF120 jest to silnik zaprojektowany od podstaw, specjalnie dla programu ATF. Zastosowano w nim tzw. technologię zmiennego obiegu. (*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 niespotykanego dotąd w silnikach wytwarzanych przez tą firmę. W porównaniu z produkowanym seryjnie silnikiem F110-GE100 dla samolotu F-16 silnik ten ma o 25% mniej części i aż o 65% mniej części wirujących. Charakterystycznymi cechami silnika YF 120 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 YF 120 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 YF 120 z dyszami stałymi. Pomimo zastosowania bardzo nowoczesnych rozwiązań technicznych silnik ten został odrzucony. Drugi prototyp YF-22A wyposażono w silniki *Pratt & Whitney* YF 119. Silnik ten powstał na bazie wszechstronnie sprawdzonej konstrukcji silnika F 100 stosowanego w myśliwcach F-15 i F-16. Silnik YF 119 skonstruowany został z myślą o jak najprostszej i jak najmocniejszej budowie dla uzyskania jak największej niezawodności i łatwości obsługi. Zastosowano trzystopniowy wentylator z łopatkami o dużej cięciwie. Sprężarkę wielostopniową z wirnikami z integralnymi łopatkami wirującymi w kierunku przeciwnym do wentylatora, krótką komorę spalania, pierścieniową z intensywnym, bezdymnym procesem spalania, turbiny wysokiego i niskiego ciśnienia jednostopniowe, przeciwbieżne, dopalacz z pojedynczym pierścieniem kolektora wtryskiwaczy umieszczonym w strefie mieszania przepływu wewnętrznego i zewnętrznego. Silniki YF 119 zainstalowane w drugim prototypie YF-22A otrzymały dysze odchylane +/- 20 stopni. Silnik YF 119 został wybrany do dalszego rozwoju i produkcji seryjnej. Wersja seryjna dla F-22A oznaczona jest F 119-PW-100.

WYPOSAŻENIE AWIONICZNE

Zbudowana w oparciu o najnowsze standardy elektroniki lotniczej awionika F-22 bazuje na zintegrowanych, „PAVE PILAR" 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 przesyłania danych.

Pokładowa stacja radiolokacyjna : Radar AESA (*Active Electronically Scanned Array) Westinghouse/Texas Instruments APG-77* przeznaczona jest do walki powietrze-powietrze oraz do nawigacji. Jest to aktywny radar z anteną o skanowaniu fazowym. Nieruchoma antena składa się z 2000 modułów nadawczo-odbiorczych sterujących jedną lub kilkoma wiązkami promieniowania mikrofalowego pasma X (9...12,5 GHz). Niezawodność tego radaru jest około trzykrotnie wyższa w porównaniu z rozwiązaniami stosowanymi współcześnie. Radar może pracować w kilkunastu trybach pracy, włącznie z precyzyjnym lądowaniem samolotu w warunkach braku widoczności. Kierunek i zasięg może być dowolnie nastawiany dzięki czemu samolot pozostaje w ograniczonej niewidzialności. Samolot dostosowany jest do zainstalowania w przyszłości bocznego radaru o skanowaniu elektronicznym.

Wspólny zintegrowany procesor CIP (*Common Integrated Procesor)* wykonuje całość obróbki sygnałów, przetwarzania danych, cyfrowych operacji we/wyj. i składowania danych przy wykorzystaniu pojedynczego zintegrowanego modułowego układu 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 System* 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 mln. W obróbce sygnałów planuje się osiągnąć 20 mld operacji na sekundę z możliwością rozbudowy do 50 mld/s. CIP ma pamięć o pojemności 300 MB z zaplanowaną możliwością rozbudowy do 600 MB.

Oprogramowanie CIP napisane jest w języku *Ada 9X*. Możliwa jest telemetryczna wymiana informacji taktycznych między dwoma lub więcej samolotami F-22.

Zintegrowany system awioniki do łączności, nawigacji i identyfikacji (w skrócie ICNIA *Integrated Communication Navigation Identification Avionics* firmy *TRW).* System spełnia 14 różnego typu funkcji. Zbudowany jest na bazie typowych modułów instalowanych w blokach awioniki chłodzonych cieczą dielektryczną PAO, co ułatwia naprawę, a także ich zasilanie i chłodzenie. System ICNIA samolotu F-22 dostosowany jest do pracy z systemem nawigacji satelitarnej GPS (*Global Positioning System)* i systemem dystrybucji informacji informacyjno-taktycznych JTIDS *(Joint Tactical Information Dystribution System).*

System czujników elektrooptycznych EOSS *(Electro-Optical Sensor System).* Jednym z podstawowych elementów systemu jest zespół kamer i sensorów poszukiwania i obserwacji w podczerwieni, którego wykonawcą ma być zespół z firmy *Martin Marietta.*

System zarządzania samolotem VMS *(Vehicle Managment System)* składa się z podsystemów komputerowych połączonych wspólnymi szynami danych. Obejmuje on komputery sterowania lotem, sterowniki szyn danych, komputery sterowania oboma silnikami, wyświetlacz przezierny HUD, zintegrowane sterowniki instalacji samolotu, system zarządzania instalacją paliwową, przetworniki pneumatycznego systemu danych o otaczającym powietrzu atmosferycznym PADS, inercjalny system nawigacyjny Litton LN-100F oraz szyny danych zintegrowanego układu sterowania zespołu napędowego IFPC.

Zintegrowany podsystem sterowania samolotem IVSC (*Integrated Vehicle Subsystem Control)* służy przekazywaniu komend pilota poszczególnym podsystemom, informuje pilota o stanie tych podsystemów oraz nadzoruje i steruje ich określonymi funkcjami.

System samoobrony walki radioelektronicznej INEWS *(Integrated Electronic-Warfare System).* System ostrzegania i walki radioelektronicznej *Sanders/General Electric* AN/ALR-94 składa się z radarowego odbiornika ostrzegawczego, urządzenia ostrzegającego o zbliżaniu się pocisków rakietowych, środków walki radioelektronicznej w paśmie częstotliwości radiowych i podczerwieni, precyzyjnego

namiernika i pomocniczego zestawu urządzeń elektronicznych. Ma budowę modułową podobnie jak ICNIA.

UZBROJENIE:

Uzbrojenie wewnętrzne stałe stanowi zaawansowana, długolufowa wersja standardowego amerykańskiego, sześciolufowego działka lotniczego *General Electric M61A1* kaliber 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 czterech wewnętrznych komorach uzbrojenia. W dwóch głównych komorach uzbrojenia zainstalować można cztery pociski powietrze-powietrze średniego zasięgu *AIM120A AMRAAM* lub sześć pocisków *AIM120C*. Do atakowania celów naziemnych w głównej komorze uzbrojenia zainstalować można na elektrycznie wysuwanych na zewnątrz wysięgnikach precyzyjne bomby sterowane PGM (Precision Guied 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 pierwotne 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. Na każdym zaczepie podskrzydłowym można zawiesić ładunek o łącznej masie 2268 kg .

***

kąt	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	ΣΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	187,5	675,0	2,65	2171,9	190,0	190,0	0,0	0,0	2000,0	190,0	190,0	1,01	1,01	0,35	36212,9	190,3	685,1		0,53	0,04
5	190,3	685,1	3,00	1837,9	160,8	350,8	14,0	14,0	2014,0	160,2	350,2	0,84	1,86	0,30	36813,3	191,9	690,7		0,59	0,05
10	191,9	690,7	3,30	1620,6	141,8	492,6	24,6	38,6	2038,6	139,6	489,8	0,74	2,60	0,26	37093,7	192,6	693,4		0,63	0,05
15	192,6	693,4	3,56	1458,2	127,6	620,2	33,0	71,7	2071,7	123,2	613,1	0,66	3,26	0,23	37130,5	192,7	693,7		0,68	0,05
20	192,7	693,7	3,79	1327,5	116,1	736,3	39,7	111,4	2111,4	109,1	722,2	0,60	3,86	0,21	36975,9	192,3	692,2		0,73	0,06
25	192,3	692,2	4,00	1217,6	106,5	842,8	45,0	156,4	2156,4	96,5	818,7	0,55	4,42	0,19	36669,6	191,5	689,4		0,77	0,06
30	191,5	689,4	4,20	1122,6	98,2	941,1	49,1	205,5	2205,5	85,1	903,8	0,51	4,93	0,18	36243,6	190,4	685,4		0,82	0,07
35	190,4	685,4	4,38	1038,9	90,9	1031,9	52,1	257,6	2257,6	74,5	978,3	0,48	5,41	0,17	35724,5	189,0	680,4		0,87	0,08
40	189,0	680,4	4,54	964,3	84,4	1116,3	54,2	311,9	2311,9	64,6	1042,9	0,45	5,85	0,16	35134,9	187,4	674,8		0,92	0,08
45	187,4	674,8	4,70	897,3	78,5	1194,8	55,5	367,4	2367,4	55,5	1098,4	0,42	6,27	-0,13	34494,3	185,7	668,6		0,98	0,09
50	185,7	668,6	4,57	894,7	78,3	1273,1	60,0	427,3	2427,3	50,3	1148,7	0,42	6,69	-0,13	33772,4	183,8	661,6		0,98	0,09
55	183,8	661,6	4,45	888,9	77,8	1350,9	63,7	491,0	2491,0	44,6	1193,3	0,42	7,12	-0,13	32982,3	181,6	653,8		0,97	0,09
60	181,6	653,8	4,32	880,2	77,0	1427,9	66,7	557,7	2557,7	38,5	1231,8	0,42	7,54	-0,13	32137,7	179,3	645,4		0,98	0,09
65	179,3	645,4	4,19	869,0	76,0	1503,9	68,9	626,6	2626,6	32,1	1263,9	0,42	7,96	-0,13	31252,7	176,8	636,4		0,98	0,09
70	176,8	636,4	4,07	855,7	74,9	1578,8	70,3	697,0	2697,0	25,6	1289,6	0,42	8,39	-0,13	30341,3	174,2	627,1		0,98	0,09
75	174,2	627,1	3,94	840,6	73,5	1652,3	71,0	768,0	2768,0	19,0	1308,6	0,42	8,81	-0,13	29417,1	171,5	617,5		0,99	0,09
80	171,5	617,5	3,81	824,3	72,1	1724,4	71,0	839,1	2839,1	12,5	1321,1	0,42	9,23	-0,13	28492,9	168,8	607,7		0,99	0,09
85	168,8	607,7	3,69	807,2	70,6	1795,0	70,4	909,4	2909,4	6,2	1327,3	0,42	9,65	-0,13	27580,6	166,1	597,9		1,00	0,09
90	166,1	597,9	3,56	789,8	69,1	1864,1	69,1	978,5	2978,5	0,0	1327,3	0,42	10,07	-0,12	26691,0	163,4	588,1		1,00	0,09
95	163,4	588,1	3,43	772,5	67,6	1931,7	67,3	1045,8	3045,8	-5,9	1321,4	0,41	10,48	-0,12	25833,6	160,7	578,6		1,01	0,09
100	160,7	578,6	3,31	755,7	66,1	1997,9	65,1	1110,9	3110,9	-11,5	1309,9	0,41	10,89	-0,12	25016,6	158,2	569,4		1,01	0,09
105	158,2	569,4	3,19	740,0	64,7	2062,6	62,5	1173,5	3173,5	-16,8	1293,1	0,41	11,30	-0,12	24247,2	155,7	560,6		1,01	0,09
110	155,7	560,6	3,06	725,5	63,5	2126,1	59,6	1233,1	3233,1	-21,7	1271,4	0,41	11,71	-0,12	23531,6	153,4	552,2		1,01	0,09
115	153,4	552,2	2,94	712,9	62,4	2188,4	56,5	1289,7	3289,7	-26,4	1245,1	0,41	12,11	-0,12	22874,7	151,2	544,5		1,01	0,09
120	151,2	544,5	2,82	702,3	61,4	2249,9	53,2	1342,9	3342,9	-30,7	1214,4	0,41	12,52	-0,12	22281,1	149,3	537,4		1,00	0,09
125	149,3	537,4	2,70	694,1	60,7	2310,6	49,7	1392,6	3392,6	-34,8	1179,5	0,41	12,93	-0,12	21754,5	147,5	531,0		0,98	0,09
130	147,5	531,0	2,58	688,9	60,3	2370,9	46,2	1438,8	3438,8	-38,7	1140,8	0,41	13,34	-0,12	21298,6	145,9	525,4		0,97	0,09
135	145,9	525,4	2,45	686,8	60,1	2431,0	42,5	1481,3	3481,3	-42,5	1098,3	0,41	13,75	-0,12	20916,8	144,6	520,7		0,94	0,08
140	144,6	520,7	2,33	688,6	60,2	2491,2	38,7	1520,0	3520,0	-46,2	1052,1	0,42	14,16	-0,12	20612,9	143,6	516,9		0,92	0,08
145	143,6	516,9	2,21	694,7	60,8	2552,0	34,9	1554,9	3554,9	-49,8	1002,4	0,42	14,59	-0,13	20391,1	142,8	514,1		0,88	0,08
150	142,8	514,1	2,08	705,9	61,8	2613,7	30,9	1585,7	3585,7	-53,5	948,9	0,43	15,02	-0,13	20256,6	142,3	512,4		0,84	0,07
155	142,3	512,4	1,95	723,3	63,3	2677,0	26,7	1612,5	3612,5	-57,3	891,5	0,44	15,46	-0,13	19758,2	140,6	506,0		0,80	0,07
160	140,6	506,0	1,82	731,1	64,0	2741,0	21,9	1634,4	3634,4	-60,1	831,4	0,46	15,92	-0,14	19359,1	139,1	500,9		0,77	0,06
165	139,1	500,9	1,68	746,2	65,3	2806,3	16,9	1651,2	3651,2	-63,1	768,4	0,47	16,39	-0,14	19061,0	138,1	497,0		0,72	0,06
170	138,1	497,0	1,54	770,2	67,4	2873,7	11,7	1662,9	3662,9	-66,4	702,0	0,49	16,88	-0,15	18868,1	137,4	494,5		0,67	0,05
175	137,4	494,5	1,39	805,5	70,5	2944,1	6,1	1669,1	3669,1	-70,2	631,8	0,51	17,39	-0,15	18787,3	137,1	493,4		0,62	0,05

180	137,1	493,4	1,24	855,9	74,9	3019,0	0,0	1669,1	3669,1	-74,9	556,9	0,55	17,94	-0,16	18830,1	137,2	494,0		0,55	0,04
185	137,2	494,0	1,07	927,3	81,1	3100,1	-7,1	1662,0	3662,0	-80,8	476,1	0,59	18,53	0,24	19014,8	137,9	496,4		0,48	0,04
190	137,9	496,4	1,31	844,6	73,9	3174,0	-12,8	1649,2	3649,2	-72,8	403,3	0,54	19,06	0,21	19306,9	138,9	500,2		0,58	0,05
195	138,9	500,2	1,52	790,2	69,1	3243,2	-17,9	1631,3	3631,3	-66,8	336,5	0,50	19,56	0,20	19693,5	140,3	505,2		0,66	0,05
200	140,3	505,2	1,72	753,8	65,9	3309,1	-22,6	1608,7	3608,7	-62,0	274,6	0,47	20,03	0,19	20167,1	142,0	511,2		0,73	0,06
205	142,0	511,2	1,91	729,5	63,8	3372,9	-27,0	1581,8	3581,8	-57,8	216,7	0,45	20,48	0,18	20723,0	144,0	518,2		0,79	0,07
210	144,0	518,2	2,09	714,3	62,5	3435,4	-31,2	1550,5	3550,5	-54,1	162,6	0,43	20,91	0,17	21358,4	146,1	526,1		0,83	0,07
215	146,1	526,1	2,26	705,9	61,8	3497,2	-35,4	1515,1	3515,1	-50,6	112,0	0,42	21,34	0,17	22071,1	148,6	534,8		0,87	0,08
220	148,6	534,8	2,43	703,1	61,5	3558,7	-39,5	1475,6	3475,6	-47,1	64,9	0,41	21,75	0,17	22859,5	151,2	544,3		0,90	0,08
225	151,2	544,3	2,60	704,7	61,7	3620,3	-43,6	1432,0	3432,0	-43,6	21,3	0,41	22,16	0,16	23722,1	154,0	554,5		0,93	0,08
230	154,0	554,5	2,76	710,1	62,1	3682,5	-47,6	1384,4	3384,4	-39,9	-18,6	0,40	22,56	0,16	24656,9	157,0	565,3		0,95	0,08
235	157,0	565,3	2,92	718,6	62,9	3745,3	-51,5	1332,9	3332,9	-36,1	-54,7	0,40	22,96	0,16	25661,7	160,2	576,7		0,96	0,09
240	160,2	576,7	3,08	729,8	63,9	3809,2	-55,3	1277,6	3277,6	-31,9	-86,6	0,40	23,36	0,16	26733,5	163,5	588,6		0,96	0,09
245	163,5	588,6	3,24	743,3	65,0	3874,2	-58,9	1218,6	3218,6	-27,5	-114,1	0,40	23,76	0,16	27868,2	166,9	601,0		0,97	0,09
250	166,9	601,0	3,40	758,6	66,4	3940,6	-62,4	1156,3	3156,3	-22,7	-136,8	0,40	24,16	0,16	29060,9	170,5	613,7		0,97	0,09
255	170,5	613,7	3,56	775,4	67,8	4008,4	-65,5	1090,7	3090,7	-17,6	-154,4	0,40	24,55	0,16	30305,0	174,1	626,7		0,97	0,09
260	174,1	626,7	3,72	793,2	69,4	4077,8	-68,3	1022,4	3022,4	-12,1	-166,4	0,40	24,95	0,16	31593,0	177,7	639,9		0,96	0,09
265	177,7	639,9	3,88	811,7	71,0	4148,8	-70,7	951,7	2951,7	-6,2	-172,6	0,40	25,35	0,16	32915,6	181,4	653,1		0,95	0,09
270	181,4	653,1	4,04	830,5	72,7	4221,5	-72,7	879,0	2879,0	0,0	-172,6	0,40	25,75	0,16	34262,1	185,1	666,4		0,95	0,08
275	185,1	666,4	4,20	849,1	74,3	4295,8	-74,0	805,0	2805,0	6,5	-166,1	0,40	26,15	0,16	35620,6	188,7	679,4		0,94	0,08
280	188,7	679,4	4,36	867,2	75,9	4371,6	-74,7	730,3	2730,3	13,2	-153,0	0,40	26,56	0,16	36977,8	192,3	692,3		0,93	0,08
285	192,3	692,3	4,52	884,2	77,4	4449,0	-74,7	655,6	2655,6	20,0	-132,9	0,40	26,96	0,16	38319,4	195,8	704,7		0,92	0,08
290	195,8	704,7	4,68	899,9	78,7	4527,7	-74,0	581,6	2581,6	26,9	-106,0	0,40	27,36	0,16	39630,2	199,1	716,7		0,91	0,08
295	199,1	716,7	4,84	913,8	79,9	4607,7	-72,5	509,1	2509,1	33,8	-72,2	0,40	27,76	0,16	40894,8	202,2	728,0		0,91	0,08
300	202,2	728,0	5,00	925,5	81,0	4688,7	-70,1	439,0	2439,0	40,5	-31,7	0,40	28,16	0,16	42097,8	205,2	738,6		0,90	0,08
305	205,2	738,6	5,16	934,8	81,8	4770,4	-67,0	372,0	2372,0	46,9	15,2	0,40	28,56	0,16	43224,0	207,9	748,5		0,90	0,08
310	207,9	748,5	5,32	941,3	82,4	4852,8	-63,1	308,9	2308,9	52,9	68,1	0,40	28,96	0,16	44259,3	210,4	757,4		0,90	0,08
315	210,4	757,4	5,48	944,8	82,7	4935,5	-58,5	250,5	2250,5	58,5	126,6	0,39	29,35	-0,22	45190,8	212,6	765,3		0,90	0,08
320	212,6	765,3	5,27	1023,7	89,6	5025,0	-57,6	192,9	2192,9	68,6	195,2	0,42	29,77	-0,23	46075,0	214,7	772,7		0,84	0,07
325	214,7	772,7	5,03	1114,2	97,5	5122,5	-55,9	137,0	2137,0	79,9	275,0	0,45	30,23	-0,25	46892,2	216,5	779,6		0,78	0,06
330	216,5	779,6	4,78	1219,8	106,7	5229,2	-53,4	83,6	2083,6	92,4	367,4	0,49	30,72	-0,27	48391,9	220,0	791,9		0,73	0,06
335	220,0	791,9	4,51	1367,5	119,6	5348,9	-50,6	33,1	2033,1	108,4	475,9	0,54	31,26	-0,30	48713,2	220,7	794,6		0,66	0,05
340	220,7	794,6	4,21	1516,4	132,7	5481,5	-45,4	-12,3	1987,7	124,7	600,5	0,60	31,86	-0,33	48851,4	221,0	795,7		0,61	0,05
345	221,0	795,7	3,88	1706,6	149,3	5630,8	-38,6	-50,9	1949,1	144,2	744,8	0,68	32,54	-0,37	48757,4	220,8	794,9		0,56	0,04
350	220,8	794,9	3,51	1966,4	172,0	5802,9	-29,9	-80,8	1919,2	169,4	914,2	0,78	33,32	-0,43	48360,6	219,9	791,7		0,50	0,04
355	219,9	791,7	3,08	2361,4	206,6	6009,5	-18,0	-98,8	1901,2	205,8	1120,0	0,94	34,26	-0,52	47541,0	218,0	784,9		0,44	0,04
360	218,0	784,9	2,57	3092,5	270,6	6280,0	0,0	-98,8	1901,2	270,6	1390,6	1,24	35,50	-0,68	46031,0	214,5	772,4		0,38	0,03

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	ΣΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	187,5	675,0	2,65	2171,9	190,0	190,0	0,0	0,0	2000,0	190,0	190,0	1,01	1,01	0,35	36113,6	190,0	684,1		0,69	0,07
5	190,0	684,1	3,00	1832,9	160,4	350,4	14,0	14,0	2014,0	159,7	349,8	0,84	1,86	0,30	36626,9	191,4	689,0		0,76	0,07
10	191,4	689,0	3,30	1612,6	141,1	491,5	24,5	38,5	2038,5	138,9	488,7	0,74	2,59	0,26	36830,7	191,9	690,9		0,83	0,08
15	191,9	690,9	3,56	1448,4	126,7	618,2	32,8	71,3	2071,3	122,4	611,1	0,66	3,25	0,23	36800,5	191,8	690,6		0,89	0,09
20	191,8	690,6	3,79	1316,5	115,2	733,4	39,4	110,7	2110,7	108,2	719,3	0,60	3,86	0,21	36587,9	191,3	688,6		0,95	0,10
25	191,3	688,6	4,00	1205,8	105,5	838,9	44,6	155,3	2155,3	95,6	815,0	0,55	4,41	0,19	36231,9	190,3	685,2		1,01	0,12
30	190,3	685,2	4,19	1110,3	97,1	936,0	48,6	203,8	2203,8	84,1	899,1	0,51	4,92	0,18	35763,7	189,1	680,8		1,08	0,13
35	189,1	680,8	4,37	1026,4	89,8	1025,8	51,5	255,3	2255,3	73,6	972,6	0,47	5,39	0,17	35209,4	187,6	675,5		1,15	0,14
40	187,6	675,5	4,54	951,7	83,3	1109,1	53,5	308,9	2308,9	63,8	1036,4	0,44	5,84	0,16	34590,8	186,0	669,5		1,21	0,16
45	186,0	669,5	4,69	884,8	77,4	1186,5	54,7	363,6	2363,6	54,7	1091,2	0,42	6,25	-0,12	33926,6	184,2	663,1		1,29	0,17
50	184,2	663,1	4,57	881,2	77,1	1263,6	59,1	422,6	2422,6	49,6	1140,7	0,42	6,67	-0,13	33184,9	182,2	655,8		1,28	0,17
55	182,2	655,8	4,44	874,4	76,5	1340,1	62,7	485,3	2485,3	43,9	1184,6	0,42	7,09	-0,13	32379,0	179,9	647,8		1,28	0,17
60	179,9	647,8	4,32	864,9	75,7	1415,7	65,5	550,8	2550,8	37,8	1222,4	0,42	7,51	-0,13	31522,6	177,5	639,2		1,29	0,17
65	177,5	639,2	4,19	853,0	74,6	1490,4	67,6	618,5	2618,5	31,5	1254,0	0,42	7,93	-0,13	30629,8	175,0	630,0		1,29	0,17
70	175,0	630,0	4,06	838,9	73,4	1563,8	69,0	687,4	2687,4	25,1	1279,1	0,42	8,35	-0,13	29714,2	172,4	620,6		1,30	0,18
75	172,4	620,6	3,94	823,3	72,0	1635,8	69,6	757,0	2757,0	18,6	1297,7	0,42	8,77	-0,13	28789,2	169,7	610,8		1,31	0,18
80	169,7	610,8	3,81	806,5	70,6	1706,3	69,5	826,5	2826,5	12,3	1310,0	0,42	9,18	-0,12	27867,4	166,9	601,0		1,32	0,18
85	166,9	601,0	3,69	788,9	69,0	1775,4	68,8	895,3	2895,3	6,0	1316,0	0,41	9,60	-0,12	26960,1	164,2	591,1		1,32	0,18
90	164,2	591,1	3,56	771,1	67,5	1842,8	67,5	962,7	2962,7	0,0	1316,0	0,41	10,01	-0,12	26077,7	161,5	581,3		1,33	0,18
95	161,5	581,3	3,44	753,5	65,9	1908,8	65,7	1028,4	3028,4	-5,7	1310,2	0,41	10,42	-0,12	25229,3	158,8	571,8		1,34	0,19
100	158,8	571,8	3,32	736,5	64,4	1973,2	63,5	1091,9	3091,9	-11,2	1299,0	0,41	10,82	-0,12	24422,6	156,3	562,6		1,34	0,19
105	156,3	562,6	3,20	720,5	63,0	2036,2	60,9	1152,8	3152,8	-16,3	1282,7	0,40	11,23	-0,12	23664,4	153,8	553,8		1,35	0,19
110	153,8	553,8	3,08	705,9	61,8	2098,0	58,0	1210,8	3210,8	-21,1	1261,6	0,40	11,63	-0,12	22960,3	151,5	545,5		1,34	0,19
115	151,5	545,5	2,95	693,0	60,6	2158,6	54,9	1265,7	3265,7	-25,6	1236,0	0,40	12,03	-0,12	22315,1	149,4	537,8		1,34	0,19
120	149,4	537,8	2,83	682,1	59,7	2218,3	51,7	1317,4	3317,4	-29,8	1206,2	0,40	12,43	-0,12	21732,8	147,4	530,7		1,33	0,18
125	147,4	530,7	2,72	673,6	58,9	2277,2	48,3	1365,7	3365,7	-33,8	1172,3	0,40	12,83	-0,12	21217,0	145,7	524,4		1,31	0,18
130	145,7	524,4	2,60	668,0	58,4	2335,7	44,8	1410,5	3410,5	-37,6	1134,8	0,40	13,23	-0,12	20770,7	144,1	518,8		1,29	0,17
135	144,1	518,8	2,47	665,4	58,2	2393,9	41,2	1451,6	3451,6	-41,2	1093,6	0,40	13,63	-0,12	20397,2	142,8	514,1		1,26	0,17
140	142,8	514,1	2,35	666,5	58,3	2452,2	37,5	1489,1	3489,1	-44,7	1048,9	0,41	14,04	-0,12	20099,9	141,8	510,4		1,23	0,16
145	141,8	510,4	2,23	671,7	58,8	2511,0	33,7	1522,8	3522,8	-48,1	1000,8	0,41	14,45	-0,12	19882,7	141,0	507,6		1,19	0,15
150	141,0	507,6	2,11	681,8	59,6	2570,6	29,8	1552,6	3552,6	-51,7	949,2	0,42	14,88	-0,13	19750,4	140,5	505,9		1,14	0,14
155	140,5	505,9	1,98	697,6	61,0	2631,6	25,8	1578,4	3578,4	-55,3	893,8	0,43	15,31	-0,13	19252,6	138,8	499,5		1,08	0,13
160	138,8	499,5	1,85	703,6	61,6	2693,2	21,1	1599,5	3599,5	-57,8	836,0	0,44	15,76	-0,13	18851,9	137,3	494,3		1,03	0,12
165	137,3	494,3	1,72	716,4	62,7	2755,9	16,2	1615,7	3615,7	-60,5	775,5	0,46	16,21	-0,14	18549,4	136,2	490,3		0,98	0,11
170	136,2	490,3	1,58	737,4	64,5	2820,4	11,2	1626,9	3626,9	-63,5	711,9	0,47	16,69	-0,14	18348,3	135,5	487,6		0,92	0,10
175	135,5	487,6	1,44	768,5	67,2	2887,6	5,9	1632,8	3632,8	-67,0	644,9	0,50	17,18	-0,15	18254,6	135,1	486,4		0,85	0,09

180	135,1	486,4	1,29	813,1	71,1	2958,8	0,0	1632,8	3632,8	-71,1	573,8	0,53	17,71	-0,16	18277,8	135,2	486,7		0,76	0,08
185	135,2	486,7	1,13	876,1	76,6	3035,4	-6,7	1626,1	3626,1	-76,4	497,5	0,57	18,28	0,23	18433,6	135,8	488,8		0,67	0,06
190	135,8	488,8	1,36	802,3	70,2	3105,6	-12,2	1613,9	3613,9	-69,1	428,3	0,52	18,79	0,21	18693,9	136,7	492,2		0,79	0,08
195	136,7	492,2	1,56	753,2	65,9	3171,5	-17,1	1596,8	3596,8	-63,6	364,7	0,48	19,27	0,19	19046,0	138,0	496,8		0,90	0,10
200	138,0	496,8	1,76	720,0	63,0	3234,5	-21,5	1575,3	3575,3	-59,2	305,5	0,46	19,73	0,18	19482,5	139,6	502,5		0,99	0,11
205	139,6	502,5	1,94	697,9	61,1	3295,5	-25,8	1549,5	3549,5	-55,3	250,2	0,44	20,17	0,17	19998,6	141,4	509,1		1,07	0,13
210	141,4	509,1	2,11	684,0	59,8	3355,4	-29,9	1519,6	3519,6	-51,8	198,3	0,42	20,59	0,17	20591,1	143,5	516,6		1,13	0,14
215	143,5	516,6	2,28	676,5	59,2	3414,5	-33,9	1485,6	3485,6	-48,5	149,8	0,41	21,00	0,16	21257,8	145,8	524,9		1,18	0,15
220	145,8	524,9	2,45	674,1	59,0	3473,5	-37,9	1447,7	3447,7	-45,2	104,7	0,40	21,41	0,16	21996,9	148,3	533,9		1,22	0,16
225	148,3	533,9	2,61	675,9	59,1	3532,7	-41,8	1405,9	3405,9	-41,8	62,9	0,40	21,81	0,16	22806,7	151,0	543,7		1,25	0,17
230	151,0	543,7	2,77	681,2	59,6	3592,3	-45,7	1360,2	3360,2	-38,3	24,6	0,39	22,20	0,16	23685,1	153,9	554,0		1,28	0,17
235	153,9	554,0	2,93	689,5	60,3	3652,6	-49,4	1310,8	3310,8	-34,6	-10,1	0,39	22,59	0,16	24629,7	156,9	565,0		1,29	0,17
240	156,9	565,0	3,08	700,4	61,3	3713,9	-53,1	1257,8	3257,8	-30,6	-40,7	0,39	22,98	0,16	25637,4	160,1	576,4		1,30	0,18
245	160,1	576,4	3,24	713,4	62,4	3776,3	-56,6	1201,2	3201,2	-26,4	-67,1	0,39	23,37	0,16	26704,2	163,4	588,3		1,31	0,18
250	163,4	588,3	3,40	728,1	63,7	3840,0	-59,9	1141,3	3141,3	-21,8	-88,9	0,39	23,76	0,16	27825,0	166,8	600,5		1,31	0,18
255	166,8	600,5	3,55	744,2	65,1	3905,1	-62,9	1078,5	3078,5	-16,9	-105,7	0,39	24,15	0,16	28993,5	170,3	613,0		1,30	0,18
260	170,3	613,0	3,71	761,3	66,6	3971,7	-65,6	1012,9	3012,9	-11,6	-117,3	0,39	24,55	0,16	30202,0	173,8	625,6		1,30	0,18
265	173,8	625,6	3,87	778,9	68,1	4039,8	-67,9	945,0	2945,0	-5,9	-123,2	0,39	24,94	0,16	31441,7	177,3	638,3		1,29	0,17
270	177,3	638,3	4,02	796,9	69,7	4109,5	-69,7	875,3	2875,3	0,0	-123,2	0,39	25,33	0,16	32702,0	180,8	651,0		1,28	0,17
275	180,8	651,0	4,18	814,6	71,3	4180,8	-71,0	804,3	2804,3	6,2	-117,0	0,39	25,72	0,16	33971,3	184,3	663,5		1,27	0,17
280	184,3	663,5	4,34	831,8	72,8	4253,6	-71,7	732,6	2732,6	12,6	-104,4	0,39	26,12	0,16	35236,8	187,7	675,8		1,26	0,17
285	187,7	675,8	4,49	847,9	74,2	4327,8	-71,7	660,9	2660,9	19,2	-85,2	0,40	26,51	0,16	36484,7	191,0	687,6		1,25	0,16
290	191,0	687,6	4,65	862,7	75,5	4403,2	-70,9	590,0	2590,0	25,8	-59,3	0,40	26,91	0,16	37700,5	194,2	699,0		1,24	0,16
295	194,2	699,0	4,81	875,7	76,6	4479,9	-69,4	520,6	2520,6	32,4	-27,0	0,39	27,30	0,16	38869,5	197,2	709,8		1,23	0,16
300	197,2	709,8	4,97	886,6	77,6	4557,4	-67,2	453,4	2453,4	38,8	11,8	0,39	27,70	0,16	39976,8	199,9	719,8		1,22	0,16
305	199,9	719,8	5,13	895,1	78,3	4635,7	-64,1	389,2	2389,2	44,9	56,7	0,39	28,09	0,16	41008,4	202,5	729,0		1,22	0,16
310	202,5	729,0	5,28	900,9	78,8	4714,6	-60,4	328,9	2328,9	50,7	107,4	0,39	28,48	0,16	41950,9	204,8	737,3		1,22	0,16
315	204,8	737,3	5,44	903,8	79,1	4793,6	-55,9	273,0	2273,0	55,9	163,3	0,39	28,86	-0,21	42792,3	206,9	744,7		1,22	0,16
320	206,9	744,7	5,23	978,0	85,6	4879,2	-55,0	218,0	2218,0	65,5	228,9	0,41	29,28	-0,23	43582,2	208,8	751,5		1,14	0,14
325	208,8	751,5	5,00	1062,9	93,0	4972,2	-53,3	164,6	2164,6	76,2	305,0	0,45	29,72	-0,24	44301,3	210,5	757,7		1,07	0,13
330	210,5	757,7	4,75	1161,6	101,6	5073,8	-50,8	113,8	2113,8	88,0	393,0	0,48	30,21	-0,27	45687,1	213,7	769,5		0,99	0,11
335	213,7	769,5	4,49	1300,2	113,8	5187,6	-48,1	65,7	2065,7	103,1	496,1	0,53	30,74	-0,29	45906,1	214,3	771,3		0,90	0,10
340	214,3	771,3	4,20	1437,3	125,7	5313,3	-43,0	22,7	2022,7	118,2	614,3	0,59	31,33	-0,32	45942,1	214,3	771,6		0,84	0,09
345	214,3	771,6	3,87	1611,1	141,0	5454,3	-36,5	-13,8	1986,2	136,1	750,4	0,66	31,98	-0,36	45748,2	213,9	770,0		0,77	0,08
350	213,9	770,0	3,51	1846,0	161,5	5615,8	-28,0	-41,8	1958,2	159,0	909,5	0,76	32,74	-0,42	45257,7	212,7	765,9		0,70	0,07
355	212,7	765,9	3,10	2197,3	192,2	5808,0	-16,8	-58,6	1941,4	191,5	1101,0	0,90	33,64	-0,50	44358,8	210,6	758,2		0,62	0,06
360	210,6	758,2	2,60	2828,3	247,4	6055,4	0,0	-58,6	1941,4	247,4	1348,4	1,17	34,82	-0,65	42810,0	206,9	744,9		0,53	0,05

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	Σ ΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	187,5	675,0	2,65	2171,9	190,0	190,0	0,0	0,0	2000,0	190,0	190,0	1,01	1,01	0,35	36838,0	191,9	691,0		0,45	0,06
5	191,9	691,0	3,00	1869,6	163,6	353,6	14,3	14,3	2014,3	162,9	353,0	0,85	1,87	0,30	37954,8	194,8	701,4		0,49	0,07
10	194,8	701,4	3,30	1669,0	146,0	499,6	25,4	39,6	2039,6	143,8	496,8	0,75	2,62	0,26	38675,3	196,7	708,0		0,52	0,07
15	196,7	708,0	3,57	1516,7	132,7	632,3	34,3	74,0	2074,0	128,2	624,9	0,67	3,29	0,24	39093,4	197,7	711,8		0,56	0,08
20	197,7	711,8	3,80	1392,5	121,8	754,1	41,7	115,6	2115,6	114,5	739,4	0,62	3,91	0,22	39272,5	198,2	713,4		0,59	0,08
25	198,2	713,4	4,02	1286,9	112,6	866,7	47,6	163,2	2163,2	102,0	841,5	0,57	4,47	0,20	39260,2	198,1	713,3		0,62	0,09
30	198,1	713,3	4,22	1194,7	104,5	971,2	52,3	215,5	2215,5	90,5	932,0	0,53	5,00	0,18	39094,4	197,7	711,8		0,66	0,10
35	197,7	711,8	4,40	1112,7	97,4	1068,6	55,8	271,3	2271,3	79,7	1011,7	0,49	5,49	0,17	38806,5	197,0	709,2		0,69	0,11
40	197,0	709,2	4,57	1039,1	90,9	1159,5	58,4	329,7	2329,7	69,6	1081,4	0,46	5,96	0,16	38423,0	196,0	705,7		0,73	0,12
45	196,0	705,7	4,73	972,5	85,1	1244,6	60,2	389,9	2389,9	60,2	1141,5	0,43	6,39	-0,13	37966,4	194,8	701,5		0,77	0,13
50	194,8	701,5	4,60	977,0	85,5	1330,1	65,5	455,4	2455,4	54,9	1196,5	0,44	6,83	-0,13	37420,2	193,4	696,4		0,76	0,13
55	193,4	696,4	4,47	978,3	85,6	1415,7	70,1	525,5	2525,5	49,1	1245,6	0,44	7,27	-0,13	36796,7	191,8	690,6		0,76	0,12
60	191,8	690,6	4,34	976,8	85,5	1501,1	74,0	599,5	2599,5	42,7	1288,3	0,45	7,72	-0,13	36109,7	190,0	684,1		0,75	0,12
65	190,0	684,1	4,21	972,9	85,1	1586,2	77,1	676,6	2676,6	36,0	1324,3	0,45	8,16	-0,13	35373,1	188,1	677,1		0,75	0,12
70	188,1	677,1	4,07	966,8	84,6	1670,8	79,5	756,1	2756,1	28,9	1353,2	0,45	8,61	-0,13	34601,3	186,0	669,7		0,74	0,12
75	186,0	669,7	3,94	959,0	83,9	1754,7	81,0	837,2	2837,2	21,7	1374,9	0,45	9,06	-0,14	33808,3	183,9	661,9		0,74	0,12
80	183,9	661,9	3,80	949,9	83,1	1837,8	81,8	919,0	2919,0	14,4	1389,3	0,45	9,52	-0,14	33007,8	181,7	654,0		0,74	0,12
85	181,7	654,0	3,67	940,2	82,3	1920,1	81,9	1000,9	3000,9	7,2	1396,5	0,45	9,97	-0,14	32212,7	179,5	646,1		0,74	0,12
90	179,5	646,1	3,53	930,2	81,4	2001,4	81,4	1082,3	3082,3	0,0	1396,5	0,45	10,42	-0,14	31435,0	177,3	638,3		0,73	0,12
95	177,3	638,3	3,39	920,4	80,5	2082,0	80,2	1162,5	3162,5	-7,0	1389,5	0,45	10,88	-0,14	30685,8	175,2	630,6		0,73	0,12
100	175,2	630,6	3,26	911,5	79,7	2161,7	78,5	1241,1	3241,1	-13,8	1375,6	0,46	11,33	-0,14	29975,2	173,1	623,3		0,72	0,12
105	173,1	623,3	3,12	904,0	79,1	2240,8	76,4	1317,5	3317,5	-20,5	1355,2	0,46	11,79	-0,14	29312,6	171,2	616,4		0,71	0,11
110	171,2	616,4	2,98	898,3	78,6	2319,4	73,9	1391,3	3391,3	-26,9	1328,3	0,46	12,25	-0,14	28706,2	169,4	609,9		0,70	0,11
115	169,4	609,9	2,85	895,1	78,3	2397,7	71,0	1462,3	3462,3	-33,1	1295,2	0,46	12,71	-0,14	28164,1	167,8	604,2		0,69	0,11
120	167,8	604,2	2,71	894,9	78,3	2476,0	67,8	1530,1	3530,1	-39,1	1256,0	0,47	13,18	-0,14	27693,4	166,4	599,1		0,67	0,10
125	166,4	599,1	2,57	898,6	78,6	2554,6	64,4	1594,5	3594,5	-45,1	1211,0	0,47	13,65	-0,14	27301,7	165,2	594,8		0,65	0,10
130	165,2	594,8	2,43	906,8	79,3	2634,0	60,8	1655,3	3655,3	-51,0	1160,0	0,48	14,13	-0,14	26996,3	164,3	591,5		0,63	0,09
135	164,3	591,5	2,28	920,6	80,5	2714,5	57,0	1712,2	3712,2	-57,0	1103,0	0,49	14,62	-0,15	26785,5	163,7	589,2		0,60	0,09
140	163,7	589,2	2,14	941,1	82,3	2796,8	52,9	1765,2	3765,2	-63,1	1039,9	0,50	15,12	-0,15	26678,7	163,3	588,0		0,57	0,08
145	163,3	588,0	1,98	970,1	84,9	2881,7	48,7	1813,8	3813,8	-69,5	970,4	0,52	15,64	-0,16	26687,2	163,4	588,1		0,54	0,07
150	163,4	588,1	1,83	1009,7	88,3	2970,0	44,2	1858,0	3858,0	-76,5	893,9	0,54	16,18	-0,16	26825,1	163,8	589,6		0,50	0,07
155	163,8	589,6	1,67	1063,0	93,0	3063,0	39,3	1897,3	3897,3	-84,3	809,6	0,57	16,75	-0,17	26022,4	161,3	580,7		0,45	0,06
160	161,3	580,7	1,50	1089,2	95,3	3158,3	32,6	1929,9	3929,9	-89,5	720,1	0,59	17,34	-0,18	25364,0	159,3	573,3		0,42	0,05
165	159,3	573,3	1,32	1131,8	99,0	3257,3	25,6	1955,5	3955,5	-95,6	624,4	0,62	17,96	-0,19	24852,8	157,6	567,5		0,38	0,05
170	157,6	567,5	1,13	1196,8	104,7	3362,1	18,2	1973,7	3973,7	-103,1	521,3	0,66	18,63	-0,20	24496,4	156,5	563,4		0,33	0,04
175	156,5	563,4	0,93	1294,5	113,3	3475,3	9,9	1983,6	3983,6	-112,8	408,5	0,72	19,35	-0,22	24309,9	155,9	561,3		0,28	0,04

180	155,9	561,3	0,72	1444,3	126,4	3601,7	0,0	1983,6	3983,6	-126,4	282,1	0,81	20,16	-0,24	24321,6	156,0	561,4		0,22	0,03
185	156,0	561,4	0,47	1688,0	147,7	3749,3	-12,9	1970,7	3970,7	-147,1	135,0	0,95	21,11	0,38	24586,8	156,8	564,5		0,14	0,03
190	156,8	564,5	0,85	1365,0	119,4	3868,8	-20,7	1950,0	3950,0	-117,6	17,4	0,76	21,87	0,30	24997,9	158,1	569,2		0,25	0,03
195	158,1	569,2	1,16	1200,9	105,1	3973,8	-27,2	1922,8	3922,8	-101,5	-84,1	0,66	22,53	0,27	25527,2	159,8	575,2		0,34	0,04
200	159,8	575,2	1,42	1101,9	96,4	4070,2	-33,0	1889,8	3889,8	-90,6	-174,7	0,60	23,14	0,24	26160,8	161,7	582,3		0,41	0,05
205	161,7	582,3	1,66	1037,9	90,8	4161,0	-38,4	1851,4	3851,4	-82,3	-257,0	0,56	23,70	0,22	26890,5	164,0	590,3		0,46	0,06
210	164,0	590,3	1,89	995,4	87,1	4248,1	-43,5	1807,9	3807,9	-75,4	-332,4	0,53	24,23	0,21	27710,9	166,5	599,3		0,51	0,07
215	166,5	599,3	2,10	967,6	84,7	4332,8	-48,6	1759,3	3759,3	-69,3	-401,7	0,51	24,74	0,20	28617,5	169,2	609,0		0,54	0,08
220	169,2	609,0	2,30	950,3	83,1	4415,9	-53,4	1705,9	3705,9	-63,7	-465,4	0,49	25,23	0,20	29606,6	172,1	619,4		0,57	0,08
225	172,1	619,4	2,50	941,0	82,3	4498,3	-58,2	1647,7	3647,7	-58,2	-523,6	0,48	25,71	0,19	30674,2	175,1	630,5		0,60	0,09
230	175,1	630,5	2,69	937,8	82,0	4580,3	-62,8	1584,8	3584,8	-52,7	-576,4	0,47	26,18	0,19	31816,2	178,4	642,1		0,62	0,09
235	178,4	642,1	2,88	939,4	82,2	4662,5	-67,3	1517,5	3517,5	-47,1	-623,5	0,46	26,64	0,18	33027,5	181,7	654,2		0,63	0,09
240	181,7	654,2	3,06	944,9	82,7	4745,1	-71,6	1445,9	3445,9	-41,3	-664,8	0,45	27,09	0,18	34302,0	185,2	666,7		0,64	0,10
245	185,2	666,7	3,25	953,3	83,4	4828,6	-75,6	1370,3	3370,3	-35,2	-700,1	0,45	27,54	0,18	35632,4	188,8	679,6		0,65	0,10
250	188,8	679,6	3,43	964,1	84,4	4912,9	-79,3	1291,1	3291,1	-28,9	-728,9	0,45	27,99	0,18	37010,3	192,4	692,6		0,66	0,10
255	192,4	692,6	3,60	976,7	85,4	4998,3	-82,5	1208,5	3208,5	-22,1	-751,0	0,44	28,43	0,18	38425,7	196,0	705,7		0,66	0,10
260	196,0	705,7	3,78	990,3	86,6	5085,0	-85,3	1123,2	3123,2	-15,0	-766,1	0,44	28,88	0,18	39867,0	199,7	718,8		0,66	0,10
265	199,7	718,8	3,96	1004,5	87,9	5172,9	-87,5	1035,6	3035,6	-7,7	-773,8	0,44	29,32	0,18	41321,5	203,3	731,8		0,66	0,10
270	203,3	731,8	4,13	1018,8	89,1	5262,0	-89,1	946,5	2946,5	0,0	-773,8	0,44	29,76	0,18	42775,0	206,8	744,6		0,66	0,10
275	206,8	744,6	4,31	1032,6	90,3	5352,3	-90,0	856,5	2856,5	7,9	-765,9	0,44	30,19	0,17	44212,2	210,3	757,0		0,66	0,10
280	210,3	757,0	4,48	1045,4	91,5	5443,8	-90,1	766,5	2766,5	15,9	-750,0	0,43	30,63	0,17	45617,1	213,6	768,9		0,66	0,10
285	213,6	768,9	4,66	1056,9	92,5	5536,3	-89,3	677,1	2677,1	23,9	-726,1	0,43	31,06	0,17	46973,2	216,7	780,2		0,66	0,10
290	216,7	780,2	4,83	1066,5	93,3	5629,6	-87,7	589,5	2589,5	31,9	-694,2	0,43	31,49	0,17	48263,7	219,7	790,9		0,65	0,10
295	219,7	790,9	5,00	1073,9	94,0	5723,5	-85,1	504,3	2504,3	39,7	-654,4	0,43	31,92	0,17	49472,5	222,4	800,7		0,65	0,10
300	222,4	800,7	5,18	1078,7	94,4	5817,9	-81,7	422,6	2422,6	47,2	-607,3	0,42	32,34	0,17	50584,3	224,9	809,7		0,65	0,10
305	224,9	809,7	5,34	1080,7	94,6	5912,5	-77,5	345,1	2345,1	54,2	-553,0	0,42	32,76	0,17	51584,8	227,1	817,6		0,66	0,10
310	227,1	817,6	5,51	1079,7	94,5	6006,9	-72,4	272,8	2272,8	60,7	-492,3	0,42	33,18	0,17	52461,8	229,0	824,6		0,66	0,10
315	229,0	824,6	5,68	1075,5	94,1	6101,0	-66,5	206,2	2206,2	66,5	-425,8	0,41	33,59	-0,23	53204,8	230,7	830,4		0,66	0,10
320	230,7	830,4	5,45	1157,1	101,2	6202,2	-65,1	141,2	2141,2	77,5	-348,2	0,44	34,03	-0,24	53855,6	232,1	835,4		0,62	0,09
325	232,1	835,4	5,21	1249,7	109,3	6311,6	-62,7	78,4	2078,4	89,6	-258,7	0,47	34,50	-0,26	54389,5	233,2	839,6		0,58	0,08
330	233,2	839,6	4,95	1356,6	118,7	6430,3	-59,3	19,1	2019,1	102,8	-155,9	0,51	35,01	-0,28	56167,8	237,0	853,2		0,55	0,08
335	237,0	853,2	4,67	1520,1	133,0	6563,3	-56,2	-37,1	1962,9	120,5	-35,3	0,56	35,57	-0,31	55829,0	236,3	850,6		0,50	0,07
340	236,3	850,6	4,36	1661,8	145,4	6708,6	-49,7	-86,8	1913,2	136,6	101,3	0,62	36,18	-0,34	55230,3	235,0	846,0		0,46	0,06
345	235,0	846,0	4,03	1839,9	161,0	6869,6	-41,7	-128,5	1871,5	155,5	256,8	0,68	36,87	-0,38	54316,2	233,1	839,0		0,43	0,06
350	233,1	839,0	3,65	2078,1	181,8	7051,4	-31,6	-160,1	1839,9	179,0	435,8	0,78	37,65	-0,43	53006,3	230,2	828,8		0,40	0,05
355	230,2	828,8	3,22	2429,6	212,6	7264,0	-18,5	-178,6	1821,4	211,8	647,6	0,92	38,57	-0,51	51164,3	226,2	814,3		0,36	0,04
360	226,2	814,3	2,71	3045,8	266,5	7530,4	0,0	-178,6	1821,4	266,5	914,0	1,18	39,75	-0,65	48495,6	220,2	792,8		0,31	0,04

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	Σ ΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	187,5	675,0	2,65	2171,9	190,0	190,0	0,0	0,0	2000,0	190,0	190,0	1,01	1,01	0,35	36274,5	190,5	685,7		0,43	0,05
5	190,5	685,7	3,00	1841,0	161,1	351,1	14,0	14,0	2014,0	160,5	350,5	0,85	1,86	0,30	36918,0	192,1	691,7		0,48	0,06
10	192,1	691,7	3,30	1625,0	142,2	493,3	24,7	38,7	2038,7	140,0	490,5	0,74	2,60	0,26	37231,4	193,0	694,6		0,52	0,06
15	193,0	694,6	3,56	1463,2	128,0	621,3	33,1	71,9	2071,9	123,7	614,1	0,66	3,26	0,23	37295,6	193,1	695,2		0,56	0,07
20	193,1	695,2	3,79	1332,9	116,6	737,9	39,9	111,7	2111,7	109,6	723,7	0,60	3,87	0,21	37165,4	192,8	694,0		0,59	0,07
25	192,8	694,0	4,00	1223,3	107,0	844,9	45,2	157,0	2157,0	97,0	820,7	0,56	4,42	0,19	36882,0	192,0	691,4		0,63	0,08
30	192,0	691,4	4,20	1128,5	98,7	943,6	49,4	206,3	2206,3	85,5	906,2	0,51	4,94	0,18	36478,4	191,0	687,6		0,67	0,09
35	191,0	687,6	4,38	1045,0	91,4	1035,1	52,4	258,8	2258,8	74,9	981,1	0,48	5,41	0,17	35981,7	189,7	682,9		0,71	0,10
40	189,7	682,9	4,55	970,6	84,9	1120,0	54,6	313,4	2313,4	65,0	1046,2	0,45	5,86	0,16	35414,7	188,2	677,5		0,75	0,10
45	188,2	677,5	4,70	903,7	79,1	1199,1	55,9	369,3	2369,3	55,9	1102,1	0,42	6,28	-0,13	34797,0	186,5	671,5		0,79	0,11
50	186,5	671,5	4,58	901,9	78,9	1278,0	60,4	429,7	2429,7	50,7	1152,8	0,42	6,71	-0,13	34100,0	184,7	664,8		0,79	0,11
55	184,7	664,8	4,45	897,0	78,5	1356,4	64,3	494,0	2494,0	45,0	1197,8	0,42	7,13	-0,13	33336,6	182,6	657,3		0,79	0,11
60	182,6	657,3	4,32	889,3	77,8	1434,2	67,4	561,4	2561,4	38,9	1236,7	0,43	7,56	-0,13	32520,7	180,3	649,2		0,79	0,11
65	180,3	649,2	4,19	879,1	76,9	1511,2	69,7	631,1	2631,1	32,5	1269,2	0,43	7,98	-0,13	31666,1	177,9	640,6		0,79	0,11
70	177,9	640,6	4,07	866,9	75,8	1587,0	71,3	702,4	2702,4	25,9	1295,2	0,43	8,41	-0,13	30786,8	175,5	631,7		0,79	0,11
75	175,5	631,7	3,94	853,1	74,6	1661,6	72,1	774,5	2774,5	19,3	1314,5	0,43	8,83	-0,13	29896,1	172,9	622,5		0,80	0,12
80	172,9	622,5	3,81	838,1	73,3	1735,0	72,2	846,7	2846,7	12,7	1327,2	0,42	9,26	-0,13	29006,7	170,3	613,1		0,80	0,12
85	170,3	613,1	3,68	822,3	71,9	1806,9	71,7	918,3	2918,3	6,3	1333,5	0,42	9,68	-0,13	28130,1	167,7	603,8		0,80	0,12
90	167,7	603,8	3,56	806,4	70,5	1877,5	70,5	988,9	2988,9	0,0	1333,5	0,42	10,10	-0,13	27277,1	165,2	594,6		0,81	0,12
95	165,2	594,6	3,43	790,6	69,2	1946,6	68,9	1057,8	3057,8	-6,0	1327,5	0,42	10,52	-0,13	26457,0	162,7	585,6		0,81	0,12
100	162,7	585,6	3,30	775,5	67,8	2014,5	66,8	1124,6	3124,6	-11,8	1315,7	0,42	10,94	-0,13	25678,0	160,2	576,9		0,81	0,12
105	160,2	576,9	3,18	761,4	66,6	2081,1	64,3	1188,9	3188,9	-17,2	1298,4	0,42	11,35	-0,12	24947,4	157,9	568,6		0,81	0,12
110	157,9	568,6	3,05	748,8	65,5	2146,6	61,6	1250,5	3250,5	-22,4	1276,0	0,41	11,77	-0,12	24271,4	155,8	560,9		0,80	0,12
115	155,8	560,9	2,93	738,0	64,6	2211,2	58,5	1309,0	3309,0	-27,3	1248,7	0,41	12,18	-0,12	23655,3	153,8	553,7		0,80	0,11
120	153,8	553,7	2,81	729,5	63,8	2275,0	55,3	1364,3	3364,3	-31,9	1216,8	0,41	12,60	-0,12	23103,8	152,0	547,2		0,79	0,11
125	152,0	547,2	2,68	723,6	63,3	2338,3	51,9	1416,1	3416,1	-36,3	1180,5	0,42	13,01	-0,12	22621,3	150,4	541,5		0,77	0,11
130	150,4	541,5	2,56	720,8	63,1	2401,3	48,3	1464,5	3464,5	-40,5	1140,0	0,42	13,43	-0,13	22211,8	149,0	536,5		0,76	0,11
135	149,0	536,5	2,43	721,7	63,1	2464,5	44,6	1509,1	3509,1	-44,6	1095,3	0,42	13,86	-0,13	21879,6	147,9	532,5		0,74	0,10
140	147,9	532,5	2,30	726,6	63,6	2528,1	40,9	1550,0	3550,0	-48,7	1046,6	0,43	14,29	-0,13	21629,2	147,1	529,4		0,71	0,10
145	147,1	529,4	2,17	736,5	64,4	2592,5	37,0	1586,9	3586,9	-52,8	993,8	0,44	14,72	-0,13	21466,0	146,5	527,4		0,68	0,09
150	146,5	527,4	2,04	752,2	65,8	2658,3	32,9	1619,8	3619,8	-57,0	936,9	0,45	15,17	-0,13	21396,6	146,3	526,6		0,65	0,08
155	146,3	526,6	1,91	775,0	67,8	2726,1	28,7	1648,5	3648,5	-61,4	875,4	0,46	15,64	-0,14	20827,9	144,3	519,5		0,61	0,08
160	144,3	519,5	1,77	783,8	68,6	2794,7	23,5	1671,9	3671,9	-64,4	811,0	0,48	16,11	-0,14	20367,1	142,7	513,8		0,58	0,07
165	142,7	513,8	1,63	800,8	70,1	2864,7	18,1	1690,1	3690,1	-67,7	743,3	0,49	16,60	-0,15	20015,7	141,5	509,3		0,55	0,07
170	141,5	509,3	1,48	828,0	72,4	2937,2	12,6	1702,7	3702,7	-71,3	672,0	0,51	17,12	-0,15	19777,3	140,6	506,3		0,51	0,06
175	140,6	506,3	1,33	868,3	76,0	3013,2	6,6	1709,3	3709,3	-75,7	596,3	0,54	17,66	-0,16	19658,9	140,2	504,8		0,46	0,05

180	140,2	504,8	1,16	926,2	81,0	3094,2	0,0	1709,3	3709,3	-81,0	515,2	0,58	18,23	-0,17	19672,6	140,3	504,9		0,41	0,05
185	140,3	504,9	0,99	1009,5	88,3	3182,5	-7,7	1701,6	3701,6	-88,0	427,3	0,63	18,86	0,25	19838,2	140,8	507,1		0,35	0,04
190	140,8	507,1	1,24	908,1	79,4	3262,0	-13,8	1687,8	3687,8	-78,2	349,0	0,56	19,43	0,23	20119,7	141,8	510,6		0,43	0,05
195	141,8	510,6	1,47	842,7	73,7	3335,7	-19,1	1668,7	3668,7	-71,2	277,8	0,52	19,95	0,21	20500,8	143,2	515,5		0,50	0,06
200	143,2	515,5	1,68	799,0	69,9	3405,6	-23,9	1644,8	3644,8	-65,7	212,1	0,49	20,44	0,20	20972,0	144,8	521,3		0,56	0,07
205	144,8	521,3	1,87	769,8	67,3	3472,9	-28,5	1616,3	3616,3	-61,0	151,1	0,47	20,90	0,19	21527,3	146,7	528,2		0,61	0,08
210	146,7	528,2	2,06	750,7	65,7	3538,6	-32,8	1583,5	3583,5	-56,9	94,2	0,45	21,35	0,18	22162,6	148,9	535,9		0,65	0,08
215	148,9	535,9	2,24	739,5	64,7	3603,3	-37,1	1546,4	3546,4	-53,0	41,2	0,43	21,78	0,17	22875,1	151,2	544,5		0,68	0,09
220	151,2	544,5	2,41	734,2	64,2	3667,5	-41,3	1505,1	3505,1	-49,2	-8,0	0,42	22,21	0,17	23662,2	153,8	553,8		0,71	0,10
225	153,8	553,8	2,58	733,8	64,2	3731,8	-45,4	1459,7	3459,7	-45,4	-53,4	0,42	22,62	0,17	24521,6	156,6	563,7		0,73	0,10
230	156,6	563,7	2,75	737,5	64,5	3796,3	-49,4	1410,3	3410,3	-41,5	-94,9	0,41	23,04	0,16	25450,6	159,5	574,3		0,75	0,10
235	159,5	574,3	2,91	744,4	65,1	3861,4	-53,3	1356,9	3356,9	-37,4	-132,2	0,41	23,44	0,16	26446,0	162,6	585,4		0,76	0,11
240	162,6	585,4	3,07	754,1	66,0	3927,4	-57,1	1299,8	3299,8	-33,0	-165,2	0,41	23,85	0,16	27503,8	165,8	597,0		0,77	0,11
245	165,8	597,0	3,24	766,1	67,0	3994,4	-60,7	1239,0	3239,0	-28,3	-193,6	0,40	24,25	0,16	28619,2	169,2	609,0		0,77	0,11
250	169,2	609,0	3,40	779,9	68,2	4062,6	-64,1	1174,9	3174,9	-23,3	-216,9	0,40	24,66	0,16	29786,1	172,6	621,3		0,77	0,11
255	172,6	621,3	3,56	795,1	69,6	4132,2	-67,2	1107,7	3107,7	-18,0	-234,9	0,40	25,06	0,16	30997,2	176,1	633,8		0,77	0,11
260	176,1	633,8	3,72	811,2	71,0	4203,2	-69,9	1037,8	3037,8	-12,3	-247,2	0,40	25,46	0,16	32243,8	179,6	646,4		0,77	0,11
265	179,6	646,4	3,88	828,0	72,4	4275,6	-72,2	965,7	2965,7	-6,3	-253,5	0,40	25,87	0,16	33516,0	183,1	659,1		0,77	0,11
270	183,1	659,1	4,04	844,9	73,9	4349,5	-73,9	891,8	2891,8	0,0	-253,5	0,40	26,27	0,16	34802,2	186,6	671,6		0,76	0,11
275	186,6	671,6	4,21	861,4	75,4	4424,9	-75,1	816,7	2816,7	6,6	-247,0	0,40	26,68	0,16	36090,0	190,0	683,9		0,76	0,11
280	190,0	683,9	4,37	877,3	76,8	4501,6	-75,6	741,1	2741,1	13,3	-233,6	0,40	27,08	0,16	37365,7	193,3	695,9		0,75	0,10
285	193,3	695,9	4,53	892,1	78,0	4579,7	-75,4	665,7	2665,7	20,2	-213,4	0,40	27,48	0,16	38614,7	196,5	707,4		0,75	0,10
290	196,5	707,4	4,69	905,3	79,2	4658,9	-74,4	591,3	2591,3	27,1	-186,3	0,40	27,89	0,16	39822,1	199,6	718,4		0,74	0,10
295	199,6	718,4	4,85	916,6	80,2	4739,1	-72,7	518,6	2518,6	33,9	-152,5	0,40	28,29	0,16	40972,9	202,4	728,7		0,74	0,10
300	202,4	728,7	5,01	925,7	81,0	4820,1	-70,1	448,5	2448,5	40,5	-112,0	0,40	28,69	0,16	42052,4	205,1	738,2		0,74	0,10
305	205,1	738,2	5,17	932,2	81,6	4901,6	-66,8	381,7	2381,7	46,8	-65,2	0,40	29,09	0,16	43046,4	207,5	746,9		0,74	0,10
310	207,5	746,9	5,33	935,9	81,9	4983,5	-62,7	318,9	2318,9	52,6	-12,5	0,39	29,48	0,16	43942,2	209,6	754,6		0,74	0,10
315	209,6	754,6	5,49	936,7	82,0	5065,5	-57,9	261,0	2261,0	57,9	45,4	0,39	29,87	-0,22	44728,5	211,5	761,4		0,74	0,10
320	211,5	761,4	5,27	1011,4	88,5	5153,9	-56,9	204,1	2204,1	67,8	113,2	0,42	30,29	-0,23	45450,6	213,2	767,5		0,69	0,09
325	213,2	767,5	5,04	1096,6	95,9	5249,9	-55,0	149,1	2149,1	78,6	191,8	0,45	30,74	-0,25	46087,8	214,7	772,9		0,65	0,08
330	214,7	772,9	4,80	1195,3	104,6	5354,5	-52,3	96,8	2096,8	90,6	282,3	0,49	31,23	-0,27	47543,7	218,0	785,0		0,61	0,08
335	218,0	785,0	4,53	1338,0	117,1	5471,5	-49,5	47,3	2047,3	106,1	388,4	0,54	31,76	-0,30	47577,9	218,1	785,2		0,55	0,07
340	218,1	785,2	4,23	1472,6	128,8	5600,4	-44,1	3,2	2003,2	121,1	509,5	0,59	32,35	-0,32	47406,5	217,7	783,8		0,51	0,06
345	217,7	783,8	3,91	1642,3	143,7	5744,0	-37,2	-33,9	1966,1	138,8	648,3	0,66	33,01	-0,36	46980,5	216,7	780,3		0,47	0,05
350	216,7	780,3	3,55	1870,3	163,6	5907,7	-28,4	-62,4	1937,6	161,1	809,4	0,75	33,77	-0,42	46230,2	215,0	774,0		0,43	0,05
355	215,0	774,0	3,13	2208,3	193,2	6100,9	-16,8	-79,2	1920,8	192,5	1001,9	0,90	34,67	-0,49	45038,4	212,2	764,0		0,39	0,04
360	212,2	764,0	2,64	2806,3	245,5	6346,4	0,0	-79,2	1920,8	245,5	1247,4	1,16	35,82	-0,64	43153,9	207,7	747,8		0,33	0,04

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	ΣΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	187,5	675,0	2,65	2171,9	190,0	190,0	0,0	0,0	2000,0	190,0	190,0	1,01	1,01	0,35	36219,7	190,3	685,1		0,73	0,06
5	190,3	685,1	3,00	1838,2	160,8	350,8	14,0	14,0	2014,0	160,2	350,2	0,85	1,86	0,30	36826,2	191,9	690,8		0,80	0,06
10	191,9	690,8	3,30	1621,1	141,8	492,7	24,6	38,6	2038,6	139,7	489,9	0,74	2,60	0,26	37112,1	192,6	693,5		0,87	0,07
15	192,6	693,5	3,56	1458,8	127,6	620,3	33,0	71,7	2071,7	123,3	613,2	0,66	3,26	0,23	37153,7	192,8	693,9		0,93	0,08
20	192,8	693,9	3,79	1328,3	116,2	736,5	39,7	111,4	2111,4	109,2	722,4	0,60	3,86	0,21	37003,3	192,4	692,5		0,99	0,09
25	192,4	692,5	4,00	1218,5	106,6	843,1	45,1	156,5	2156,5	96,6	819,0	0,55	4,42	0,19	36700,6	191,6	689,7		1,06	0,09
30	191,6	689,7	4,20	1123,5	98,3	941,4	49,1	205,6	2205,6	85,1	904,1	0,51	4,93	0,18	36277,6	190,5	685,7		1,12	0,10
35	190,5	685,7	4,38	1039,8	91,0	1032,4	52,2	257,8	2257,8	74,5	978,6	0,48	5,41	0,17	35761,0	189,1	680,8		1,19	0,11
40	189,1	680,8	4,54	965,2	84,4	1116,8	54,3	312,1	2312,1	64,7	1043,3	0,45	5,85	0,16	35173,5	187,5	675,2		1,26	0,12
45	187,5	675,2	4,70	898,2	78,6	1195,4	55,6	367,6	2367,6	55,6	1098,9	0,42	6,27	-0,13	34534,4	185,8	669,0		1,34	0,14
50	185,8	669,0	4,57	895,6	78,4	1273,8	60,0	427,7	2427,7	50,4	1149,3	0,42	6,70	-0,13	33813,9	183,9	662,0		1,33	0,14
55	183,9	662,0	4,45	889,9	77,9	1351,6	63,8	491,4	2491,4	44,7	1193,9	0,42	7,12	-0,13	33024,7	181,7	654,2		1,33	0,14
60	181,7	654,2	4,32	881,3	77,1	1428,7	66,8	558,2	2558,2	38,6	1232,5	0,42	7,54	-0,13	32180,8	179,4	645,8		1,33	0,14
65	179,4	645,8	4,19	870,2	76,1	1504,9	69,0	627,2	2627,2	32,2	1264,7	0,42	7,97	-0,13	31296,1	176,9	636,9		1,34	0,14
70	176,9	636,9	4,07	856,9	75,0	1579,8	70,4	697,7	2697,7	25,6	1290,3	0,42	8,39	-0,13	30384,8	174,3	627,5		1,34	0,14
75	174,3	627,5	3,94	841,8	73,7	1653,5	71,1	768,8	2768,8	19,1	1309,4	0,42	8,81	-0,13	29460,4	171,6	617,9		1,35	0,14
80	171,6	617,9	3,81	825,5	72,2	1725,7	71,1	839,9	2839,9	12,5	1321,9	0,42	9,23	-0,13	28535,7	168,9	608,1		1,36	0,14
85	168,9	608,1	3,69	808,5	70,7	1796,4	70,5	910,4	2910,4	6,2	1328,1	0,42	9,65	-0,13	27622,7	166,2	598,3		1,36	0,14
90	166,2	598,3	3,56	791,1	69,2	1865,6	69,2	979,6	2979,6	0,0	1328,1	0,42	10,07	-0,12	26732,2	163,5	588,6		1,37	0,14
95	163,5	588,6	3,43	773,8	67,7	1933,3	67,4	1047,0	3047,0	-5,9	1322,2	0,41	10,48	-0,12	25873,8	160,9	579,1		1,38	0,14
100	160,9	579,1	3,31	757,0	66,2	1999,6	65,2	1112,3	3112,3	-11,5	1310,7	0,41	10,90	-0,12	25055,7	158,3	569,8		1,38	0,14
105	158,3	569,8	3,19	741,3	64,9	2064,4	62,6	1174,9	3174,9	-16,8	1293,9	0,41	11,30	-0,12	24285,1	155,8	561,0		1,38	0,14
110	155,8	561,0	3,06	726,8	63,6	2128,0	59,8	1234,7	3234,7	-21,7	1272,1	0,41	11,71	-0,12	23568,1	153,5	552,7		1,38	0,14
115	153,5	552,7	2,94	714,1	62,5	2190,5	56,6	1291,3	3291,3	-26,4	1245,7	0,41	12,12	-0,12	22910,0	151,4	544,9		1,37	0,14
120	151,4	544,9	2,82	703,6	61,6	2252,0	53,3	1344,6	3344,6	-30,8	1214,9	0,41	12,53	-0,12	22315,1	149,4	537,8		1,36	0,14
125	149,4	537,8	2,70	695,4	60,8	2312,9	49,8	1394,4	3394,4	-34,9	1180,0	0,41	12,93	-0,12	21787,3	147,6	531,4		1,34	0,14
130	147,6	531,4	2,58	690,2	60,4	2373,3	46,3	1440,7	3440,7	-38,8	1141,2	0,41	13,34	-0,12	21330,2	146,0	525,8		1,32	0,13
135	146,0	525,8	2,45	688,2	60,2	2433,5	42,6	1483,3	3483,3	-42,6	1098,7	0,41	13,76	-0,12	20947,3	144,7	521,0		1,29	0,13
140	144,7	521,0	2,33	689,9	60,4	2493,8	38,8	1522,1	3522,1	-46,2	1052,4	0,42	14,17	-0,13	20642,3	143,7	517,2		1,25	0,12
145	143,7	517,2	2,20	696,1	60,9	2554,7	34,9	1557,0	3557,0	-49,9	1002,5	0,42	14,60	-0,13	20419,6	142,9	514,4		1,21	0,12
150	142,9	514,4	2,08	707,4	61,9	2616,6	30,9	1587,9	3587,9	-53,6	948,9	0,43	15,03	-0,13	20284,3	142,4	512,7		1,15	0,11
155	142,4	512,7	1,95	724,8	63,4	2680,0	26,8	1614,7	3614,7	-57,5	891,5	0,45	15,47	-0,13	19786,6	140,7	506,4		1,09	0,10
160	140,7	506,4	1,81	732,7	64,1	2744,1	21,9	1636,7	3636,7	-60,2	831,2	0,46	15,93	-0,14	19388,2	139,2	501,3		1,04	0,09
165	139,2	501,3	1,68	748,0	65,4	2809,6	16,9	1653,6	3653,6	-63,2	768,0	0,47	16,40	-0,14	19091,0	138,2	497,4		0,99	0,08
170	138,2	497,4	1,54	772,2	67,6	2877,1	11,7	1665,3	3665,3	-66,5	701,5	0,49	16,89	-0,15	18899,2	137,5	494,9		0,92	0,08
175	137,5	494,9	1,39	807,8	70,7	2947,8	6,2	1671,5	3671,5	-70,4	631,1	0,51	17,40	-0,15	18819,8	137,2	493,9		0,84	0,07

180	137,2	493,9	1,23	858,6	75,1	3022,9	0,0	1671,5	3671,5	-75,1	556,0	0,55	17,95	-0,16	18864,5	137,3	494,5		0,75	0,06
185	137,3	494,5	1,07	930,6	81,4	3104,3	-7,1	1664,4	3664,4	-81,1	474,9	0,59	18,54	0,24	19051,7	138,0	496,9		0,65	0,05
190	138,0	496,9	1,31	847,3	74,1	3178,5	-12,9	1651,5	3651,5	-73,0	401,9	0,54	19,08	0,21	19346,4	139,1	500,7		0,78	0,06
195	139,1	500,7	1,52	792,6	69,3	3247,8	-17,9	1633,6	3633,6	-67,0	334,9	0,50	19,58	0,20	19735,7	140,5	505,7		0,90	0,07
200	140,5	505,7	1,72	756,0	66,1	3314,0	-22,6	1611,0	3611,0	-62,2	272,7	0,47	20,05	0,19	20212,3	142,2	511,8		0,99	0,09
205	142,2	511,8	1,91	731,6	64,0	3378,0	-27,1	1583,9	3583,9	-58,0	214,7	0,45	20,50	0,18	20771,4	144,1	518,8		1,07	0,10
210	144,1	518,8	2,09	716,3	62,7	3440,6	-31,3	1552,6	3552,6	-54,3	160,4	0,43	20,93	0,17	21410,2	146,3	526,8		1,14	0,11
215	146,3	526,8	2,26	707,9	61,9	3502,6	-35,5	1517,0	3517,0	-50,7	109,7	0,42	21,36	0,17	22126,5	148,7	535,5		1,19	0,11
220	148,7	535,5	2,43	705,0	61,7	3564,2	-39,6	1477,4	3477,4	-47,3	62,5	0,41	21,77	0,17	22918,8	151,4	545,0		1,23	0,12
225	151,4	545,0	2,60	706,6	61,8	3626,1	-43,7	1433,7	3433,7	-43,7	18,7	0,41	22,18	0,16	23785,6	154,2	555,2		1,26	0,12
230	154,2	555,2	2,76	712,0	62,3	3688,4	-47,7	1386,0	3386,0	-40,0	-21,3	0,40	22,59	0,16	24724,9	157,2	566,1		1,29	0,13
235	157,2	566,1	2,92	720,6	63,0	3751,4	-51,6	1334,3	3334,3	-36,2	-57,5	0,40	22,99	0,16	25734,6	160,4	577,5		1,31	0,13
240	160,4	577,5	3,08	731,9	64,0	3815,4	-55,5	1278,9	3278,9	-32,0	-89,5	0,40	23,39	0,16	26811,6	163,7	589,5		1,32	0,13
245	163,7	589,5	3,24	745,4	65,2	3880,7	-59,1	1219,8	3219,8	-27,6	-117,0	0,40	23,78	0,16	27951,9	167,2	601,9		1,32	0,13
250	167,2	601,9	3,40	760,8	66,6	3947,2	-62,5	1157,2	3157,2	-22,8	-139,8	0,40	24,18	0,16	29150,5	170,7	614,6		1,32	0,13
255	170,7	614,6	3,56	777,6	68,0	4015,2	-65,7	1091,5	3091,5	-17,6	-157,4	0,40	24,58	0,16	30401,0	174,4	627,7		1,32	0,13
260	174,4	627,7	3,72	795,5	69,6	4084,8	-68,5	1023,0	3023,0	-12,1	-169,5	0,40	24,98	0,16	31695,7	178,0	640,9		1,31	0,13
265	178,0	640,9	3,88	814,1	71,2	4156,1	-71,0	952,0	2952,0	-6,2	-175,7	0,40	25,38	0,16	33025,4	181,7	654,2		1,30	0,13
270	181,7	654,2	4,04	833,0	72,9	4228,9	-72,9	879,1	2879,1	0,0	-175,7	0,40	25,78	0,16	34379,4	185,4	667,5		1,29	0,13
275	185,4	667,5	4,20	851,7	74,5	4303,5	-74,2	804,9	2804,9	6,5	-169,2	0,40	26,18	0,16	35745,8	189,1	680,6		1,28	0,13
280	189,1	680,6	4,36	869,8	76,1	4379,6	-74,9	730,0	2730,0	13,2	-156,0	0,40	26,58	0,16	37111,1	192,6	693,5		1,27	0,13
285	192,6	693,5	4,52	887,0	77,6	4457,2	-75,0	655,0	2655,0	20,1	-135,9	0,40	26,99	0,16	38461,1	196,1	706,0		1,25	0,12
290	196,1	706,0	4,68	902,8	79,0	4536,1	-74,2	580,8	2580,8	27,0	-108,9	0,40	27,39	0,16	39780,7	199,5	718,0		1,24	0,12
295	199,5	718,0	4,85	916,7	80,2	4616,3	-72,7	508,1	2508,1	33,9	-75,0	0,40	27,79	0,16	41054,2	202,6	729,4		1,24	0,12
300	202,6	729,4	5,01	928,6	81,2	4697,6	-70,4	437,7	2437,7	40,6	-34,4	0,40	28,19	0,16	42266,2	205,6	740,1		1,23	0,12
305	205,6	740,1	5,17	937,9	82,1	4779,6	-67,2	370,5	2370,5	47,1	12,7	0,40	28,59	0,16	43401,4	208,3	750,0		1,22	0,12
310	208,3	750,0	5,33	944,5	82,6	4862,3	-63,3	307,2	2307,2	53,1	65,8	0,40	28,99	0,16	44445,8	210,8	759,0		1,22	0,12
315	210,8	759,0	5,49	948,1	83,0	4945,2	-58,7	248,6	2248,6	58,7	124,5	0,39	29,38	-0,22	45386,2	213,0	766,9		1,22	0,12
320	213,0	766,9	5,27	1027,4	89,9	5035,1	-57,8	190,8	2190,8	68,9	193,3	0,42	29,80	-0,23	46279,8	215,1	774,5		1,14	0,11
325	215,1	774,5	5,04	1118,5	97,9	5133,0	-56,1	134,7	2134,7	80,2	273,5	0,45	30,26	-0,25	47107,0	217,0	781,3		1,06	0,09
330	217,0	781,3	4,79	1224,7	107,1	5240,1	-53,6	81,1	2081,1	92,8	366,3	0,49	30,75	-0,27	48616,6	220,5	793,8		0,99	0,08
335	220,5	793,8	4,52	1373,2	120,1	5360,3	-50,8	30,3	2030,3	108,9	475,1	0,54	31,30	-0,30	48949,6	221,2	796,5		0,90	0,07
340	221,2	796,5	4,22	1523,1	133,3	5493,5	-45,6	-15,3	1984,7	125,2	600,4	0,60	31,90	-0,33	49099,8	221,6	797,7		0,83	0,07
345	221,6	797,7	3,88	1714,9	150,0	5643,5	-38,8	-54,1	1945,9	144,9	745,3	0,68	32,58	-0,37	49018,1	221,4	797,0		0,76	0,06
350	221,4	797,0	3,51	1977,2	173,0	5816,5	-30,0	-84,1	1915,9	170,4	915,6	0,78	33,36	-0,43	48633,6	220,5	793,9		0,68	0,05
355	220,5	793,9	3,08	2376,4	207,9	6024,4	-18,1	-102,3	1897,7	207,1	1122,8	0,94	34,30	-0,52	47825,6	218,7	787,3		0,60	0,05
360	218,7	787,3	2,56	3117,5	272,7	6297,2	0,0	-102,3	1897,7	272,7	1395,5	1,25	35,55	-0,69	46324,6	215,2	774,8		0,51	0,04

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	ΣΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	187,5	675,0	2,65	2171,9	190,0	190,0	0,0	0,0	2000,0	190,0	190,0	1,01	1,01	0,35	35870,1	189,4	681,8		0,66	0,08
5	189,4	681,8	3,00	1820,5	159,3	349,3	13,9	13,9	2013,9	158,7	348,7	0,84	1,85	0,29	36176,8	190,2	684,7		0,74	0,10
10	190,2	684,7	3,30	1593,5	139,4	488,7	24,2	38,1	2038,1	137,3	486,0	0,73	2,59	0,26	36203,2	190,3	685,0		0,81	0,11
15	190,3	685,0	3,56	1425,1	124,7	613,4	32,3	70,4	2070,4	120,4	606,4	0,66	3,24	0,23	36020,4	189,8	683,2		0,87	0,12
20	189,8	683,2	3,78	1290,5	112,9	726,3	38,6	109,0	2109,0	106,1	712,5	0,59	3,84	0,21	35677,3	188,9	680,0		0,94	0,14
25	188,9	680,0	3,99	1178,2	103,1	829,4	43,6	152,5	2152,5	93,4	805,9	0,55	4,38	0,19	35210,2	187,6	675,5		1,00	0,16
30	187,6	675,5	4,18	1081,7	94,6	924,0	47,3	199,9	2199,9	82,0	887,9	0,50	4,89	0,18	34648,5	186,1	670,1		1,07	0,18
35	186,1	670,1	4,36	997,3	87,3	1011,3	50,0	249,9	2249,9	71,5	959,4	0,47	5,36	0,16	34016,2	184,4	664,0		1,14	0,20
40	184,4	664,0	4,52	922,5	80,7	1092,0	51,9	301,8	2301,8	61,8	1021,2	0,44	5,79	0,15	33333,2	182,6	657,3		1,21	0,22
45	182,6	657,3	4,68	855,7	74,9	1166,8	52,9	354,7	2354,7	52,9	1074,1	0,41	6,20	-0,12	32616,7	180,6	650,2		1,28	0,24
50	180,6	650,2	4,55	849,9	74,4	1241,2	57,0	411,7	2411,7	47,8	1121,9	0,41	6,62	-0,12	31830,8	178,4	642,3		1,28	0,24
55	178,4	642,3	4,43	841,1	73,6	1314,8	60,3	472,0	2472,0	42,2	1164,1	0,41	7,03	-0,12	30989,0	176,0	633,7		1,29	0,25
60	176,0	633,7	4,31	829,6	72,6	1387,4	62,9	534,8	2534,8	36,3	1200,4	0,41	7,44	-0,12	30105,0	173,5	624,6		1,29	0,25
65	173,5	624,6	4,18	815,9	71,4	1458,7	64,7	599,5	2599,5	30,2	1230,6	0,41	7,85	-0,12	29192,6	170,9	615,1		1,30	0,25
70	170,9	615,1	4,06	800,3	70,0	1528,8	65,8	665,3	2665,3	23,9	1254,5	0,41	8,26	-0,12	28265,1	168,1	605,2		1,31	0,25
75	168,1	605,2	3,94	783,2	68,5	1597,3	66,2	731,5	2731,5	17,7	1272,3	0,41	8,67	-0,12	27335,1	165,3	595,2		1,32	0,26
80	165,3	595,2	3,82	765,2	66,9	1664,2	65,9	797,4	2797,4	11,6	1283,9	0,40	9,07	-0,12	26414,3	162,5	585,1		1,33	0,26
85	162,5	585,1	3,69	746,6	65,3	1729,5	65,1	862,5	2862,5	5,7	1289,6	0,40	9,48	-0,12	25513,4	159,7	575,0		1,35	0,27
90	159,7	575,0	3,57	727,8	63,7	1793,2	63,7	926,2	2926,2	0,0	1289,6	0,40	9,87	-0,12	24641,6	157,0	565,1		1,36	0,27
95	157,0	565,1	3,45	709,4	62,1	1855,3	61,8	988,0	2988,0	-5,4	1284,2	0,40	10,27	-0,12	23807,1	154,3	555,5		1,37	0,27
100	154,3	555,5	3,34	691,7	60,5	1915,8	59,6	1047,6	3047,6	-10,5	1273,7	0,39	10,66	-0,12	23016,8	151,7	546,2		1,37	0,28
105	151,7	546,2	3,22	674,9	59,1	1974,8	57,0	1104,6	3104,6	-15,3	1258,4	0,39	11,05	-0,12	22276,4	149,3	537,3		1,38	0,28
110	149,3	537,3	3,10	659,6	57,7	2032,5	54,2	1158,8	3158,8	-19,7	1238,6	0,39	11,44	-0,12	21590,6	146,9	529,0		1,38	0,28
115	146,9	529,0	2,98	645,9	56,5	2089,1	51,2	1210,1	3210,1	-23,9	1214,8	0,38	11,82	-0,12	20963,4	144,8	521,2		1,38	0,28
120	144,8	521,2	2,87	634,2	55,5	2144,5	48,1	1258,1	3258,1	-27,7	1187,0	0,38	12,21	-0,11	20397,9	142,8	514,2		1,37	0,28
125	142,8	514,2	2,75	624,8	54,7	2199,2	44,8	1302,9	3302,9	-31,4	1155,7	0,38	12,59	-0,11	19896,9	141,1	507,8		1,36	0,27
130	141,1	507,8	2,64	617,9	54,1	2253,3	41,4	1344,3	3344,3	-34,8	1120,9	0,38	12,97	-0,11	19462,7	139,5	502,2		1,34	0,27
135	139,5	502,2	2,52	613,9	53,7	2307,0	38,0	1382,3	3382,3	-38,0	1082,9	0,39	13,36	-0,12	19097,9	138,2	497,5		1,32	0,26
140	138,2	497,5	2,41	613,2	53,6	2360,6	34,5	1416,8	3416,8	-41,1	1041,8	0,39	13,75	-0,12	18804,8	137,1	493,7		1,29	0,25
145	137,1	493,7	2,29	616,0	53,9	2414,5	30,9	1447,7	3447,7	-44,1	997,7	0,39	14,14	-0,12	18586,6	136,3	490,8		1,25	0,23
150	136,3	490,8	2,17	623,1	54,5	2469,0	27,3	1474,9	3474,9	-47,2	950,5	0,40	14,54	-0,12	18446,9	135,8	489,0		1,20	0,22
155	135,8	489,0	2,05	635,1	55,6	2524,6	23,5	1498,4	3498,4	-50,4	900,1	0,41	14,95	-0,12	17967,3	134,0	482,6		1,14	0,20
160	134,0	482,6	1,93	637,8	55,8	2580,4	19,1	1517,5	3517,5	-52,4	847,7	0,42	15,36	-0,12	17578,3	132,6	477,3		1,11	0,19
165	132,6	477,3	1,81	646,2	56,5	2636,9	14,6	1532,1	3532,1	-54,6	793,1	0,43	15,79	-0,13	17280,1	131,5	473,2		1,06	0,17
170	131,5	473,2	1,68	661,2	57,9	2694,8	10,0	1542,2	3542,2	-57,0	736,1	0,44	16,23	-0,13	17074,5	130,7	470,4		1,00	0,16
175	130,7	470,4	1,55	684,4	59,9	2754,7	5,2	1547,4	3547,4	-59,6	676,5	0,46	16,69	-0,14	16965,4	130,3	468,9		0,94	0,14

180	130,3	468,9	1,41	717,7	62,8	2817,5	0,0	1547,4	3547,4	-62,8	613,7	0,48	17,17	-0,14	16959,3	130,2	468,8		0,86	0,12
185	130,2	468,8	1,27	764,5	66,9	2884,3	-5,8	1541,6	3541,6	-66,6	547,0	0,51	17,68	0,21	17067,2	130,6	470,3		0,77	0,10
190	130,6	470,3	1,47	708,6	62,0	2946,3	-10,8	1530,8	3530,8	-61,1	486,0	0,47	18,16	0,19	17271,2	131,4	473,1		0,89	0,13
195	131,4	473,1	1,66	670,4	58,7	3005,0	-15,2	1515,6	3515,6	-56,7	429,3	0,45	18,60	0,18	17560,1	132,5	477,1		0,99	0,15
200	132,5	477,1	1,84	644,2	56,4	3061,4	-19,3	1496,4	3496,4	-53,0	376,4	0,43	19,03	0,17	17926,8	133,9	482,0		1,08	0,18
205	133,9	482,0	2,01	626,8	54,8	3116,2	-23,2	1473,2	3473,2	-49,7	326,7	0,41	19,44	0,16	18366,9	135,5	487,9		1,15	0,20
210	135,5	487,9	2,17	616,1	53,9	3170,1	-27,0	1446,2	3446,2	-46,7	280,0	0,40	19,84	0,16	18877,2	137,4	494,6		1,21	0,22
215	137,4	494,6	2,33	610,7	53,4	3223,5	-30,6	1415,6	3415,6	-43,8	236,2	0,39	20,23	0,16	19455,2	139,5	502,1		1,26	0,24
220	139,5	502,1	2,49	609,6	53,3	3276,9	-34,3	1381,3	3381,3	-40,9	195,4	0,38	20,61	0,15	20099,2	141,8	510,4		1,30	0,25
225	141,8	510,4	2,64	612,1	53,5	3330,4	-37,9	1343,4	3343,4	-37,9	157,5	0,38	20,99	0,15	20807,3	144,2	519,3		1,33	0,26
230	144,2	519,3	2,79	617,6	54,0	3384,4	-41,4	1302,0	3302,0	-34,7	122,8	0,37	21,36	0,15	21577,5	146,9	528,8		1,35	0,27
235	146,9	528,8	2,94	625,8	54,7	3439,2	-44,8	1257,2	3257,2	-31,4	91,4	0,37	21,73	0,15	22407,3	149,7	538,9		1,37	0,27
240	149,7	538,9	3,09	636,2	55,7	3494,8	-48,2	1209,0	3209,0	-27,8	63,5	0,37	22,11	0,15	23293,6	152,6	549,4		1,38	0,28
245	152,6	549,4	3,24	648,5	56,7	3551,6	-51,4	1157,6	3157,6	-24,0	39,6	0,37	22,48	0,15	24232,7	155,7	560,4		1,38	0,28
250	155,7	560,4	3,39	662,3	57,9	3609,5	-54,4	1103,1	3103,1	-19,8	19,7	0,37	22,85	0,15	25219,7	158,8	571,7		1,38	0,28
255	158,8	571,7	3,54	677,3	59,3	3668,8	-57,2	1045,9	3045,9	-15,3	4,4	0,37	23,22	0,15	26248,7	162,0	583,3		1,37	0,28
260	162,0	583,3	3,69	693,3	60,7	3729,4	-59,7	986,2	2986,2	-10,5	-6,1	0,37	23,60	0,15	27312,5	165,3	595,0		1,37	0,28
265	165,3	595,0	3,84	709,7	62,1	3791,5	-61,9	924,3	2924,3	-5,4	-11,5	0,38	23,97	0,15	28402,7	168,5	606,7		1,36	0,27
270	168,5	606,7	3,99	726,4	63,5	3855,1	-63,5	860,8	2860,8	0,0	-11,5	0,38	24,35	0,15	29509,9	171,8	618,4		1,35	0,27
275	171,8	618,4	4,14	742,8	65,0	3920,1	-64,7	796,0	2796,0	5,7	-5,9	0,38	24,73	0,15	30623,1	175,0	630,0		1,34	0,26
280	175,0	630,0	4,29	758,7	66,4	3986,4	-65,4	730,6	2730,6	11,5	5,6	0,38	25,11	0,15	31730,6	178,1	641,3		1,33	0,26
285	178,1	641,3	4,44	773,6	67,7	4054,1	-65,4	665,3	2665,3	17,5	23,2	0,38	25,49	0,15	32819,7	181,2	652,2		1,32	0,26
290	181,2	652,2	4,59	787,2	68,9	4123,0	-64,7	600,5	2600,5	23,6	46,7	0,38	25,87	0,15	33877,2	184,1	662,6		1,31	0,25
295	184,1	662,6	4,74	799,1	69,9	4192,9	-63,4	537,2	2537,2	29,5	76,3	0,38	26,25	0,15	34889,6	186,8	672,4		1,30	0,25
300	186,8	672,4	4,90	809,1	70,8	4263,7	-61,3	475,9	2475,9	35,4	111,7	0,38	26,63	0,15	35843,6	189,3	681,6		1,30	0,25
305	189,3	681,6	5,05	816,7	71,5	4335,2	-58,5	417,3	2417,3	41,0	152,6	0,38	27,00	0,15	36726,4	191,6	689,9		1,29	0,25
310	191,6	689,9	5,20	821,8	71,9	4407,1	-55,1	362,3	2362,3	46,2	198,9	0,38	27,38	0,15	37526,2	193,7	697,4		1,29	0,25
315	193,7	697,4	5,35	824,2	72,1	4479,2	-51,0	311,3	2311,3	51,0	249,8	0,37	27,75	-0,20	38232,3	195,5	703,9		1,30	0,25
320	195,5	703,9	5,14	890,3	77,9	4557,0	-50,1	261,2	2261,2	59,7	309,5	0,40	28,15	-0,22	38884,4	197,2	709,9		1,22	0,22
325	197,2	709,9	4,92	965,5	84,5	4641,5	-48,4	212,8	2212,8	69,2	378,7	0,43	28,58	-0,24	39464,2	198,7	715,2		1,14	0,20
330	198,7	715,2	4,69	1052,3	92,1	4733,6	-46,0	166,7	2166,7	79,7	458,4	0,46	29,04	-0,25	40652,0	201,6	725,8		1,06	0,18
335	201,6	725,8	4,43	1174,6	102,8	4836,3	-43,4	123,3	2123,3	93,1	551,6	0,51	29,55	-0,28	40753,0	201,9	726,7		0,97	0,15
340	201,9	726,7	4,15	1292,5	113,1	4949,4	-38,7	84,6	2084,6	106,3	657,8	0,56	30,11	-0,31	40680,0	201,7	726,1		0,91	0,13
345	201,7	726,1	3,85	1439,9	126,0	5075,4	-32,6	52,0	2052,0	121,7	779,5	0,62	30,74	-0,34	40391,7	201,0	723,5		0,84	0,12
350	201,0	723,5	3,50	1635,6	143,1	5218,5	-24,8	27,2	2027,2	140,9	920,4	0,71	31,45	-0,39	39829,9	199,6	718,5		0,77	0,10
355	199,6	718,5	3,11	1920,2	168,0	5386,5	-14,6	12,5	2012,5	167,4	1087,8	0,84	32,29	-0,46	38900,6	197,2	710,0		0,69	0,09
360	197,2	710,0	2,65	2406,7	210,6	5597,1	0,0	12,5	2012,5	210,6	1298,4	1,07	33,36	-0,59	37411,4	193,4	696,3		0,60	0,07

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	ΣΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	187,5	675,0	2,65	2171,9	190,0	190,0	0,0	0,0	2000,0	190,0	190,0	1,01	1,01	0,35	36218,6	190,3	685,1		0,74	0,08
5	190,3	685,1	3,00	1838,2	160,8	350,8	14,0	14,0	2014,0	160,2	350,2	0,85	1,86	0,30	36815,0	191,9	690,7		0,81	0,10
10	191,9	690,7	3,30	1620,6	141,8	492,6	24,6	38,6	2038,6	139,6	489,9	0,74	2,60	0,26	37088,0	192,6	693,3		0,88	0,11
15	192,6	693,3	3,56	1457,9	127,6	620,2	33,0	71,6	2071,6	123,2	613,1	0,66	3,26	0,23	37117,1	192,7	693,6		0,94	0,13
20	192,7	693,6	3,79	1327,0	116,1	736,3	39,7	111,4	2111,4	109,1	722,2	0,60	3,86	0,21	36956,5	192,2	692,1		1,01	0,14
25	192,2	692,1	4,00	1217,0	106,5	842,7	45,0	156,4	2156,4	96,5	818,7	0,55	4,42	0,19	36646,7	191,4	689,2		1,07	0,16
30	191,4	689,2	4,20	1121,9	98,2	940,9	49,1	205,4	2205,4	85,0	903,7	0,51	4,93	0,18	36220,2	190,3	685,1		1,14	0,17
35	190,3	685,1	4,38	1038,3	90,8	1031,7	52,1	257,5	2257,5	74,4	978,1	0,48	5,41	0,17	35703,7	189,0	680,2		1,21	0,19
40	189,0	680,2	4,54	963,8	84,3	1116,1	54,2	311,7	2311,7	64,6	1042,7	0,45	5,85	0,16	35119,8	187,4	674,6		1,28	0,21
45	187,4	674,6	4,70	897,0	78,5	1194,5	55,5	367,2	2367,2	55,5	1098,2	0,42	6,27	-0,13	34487,4	185,7	668,5		1,36	0,24
50	185,7	668,5	4,57	894,5	78,3	1272,8	60,0	427,2	2427,2	50,3	1148,5	0,42	6,69	-0,13	33777,1	183,8	661,6		1,35	0,23
55	183,8	661,6	4,45	889,1	77,8	1350,6	63,7	490,9	2490,9	44,6	1193,1	0,42	7,12	-0,13	33001,9	181,7	654,0		1,35	0,23
60	181,7	654,0	4,32	880,8	77,1	1427,6	66,7	557,6	2557,6	38,5	1231,6	0,42	7,54	-0,13	32175,5	179,4	645,8		1,35	0,23
65	179,4	645,8	4,19	870,1	76,1	1503,8	69,0	626,6	2626,6	32,2	1263,8	0,42	7,96	-0,13	31311,9	177,0	637,0		1,36	0,24
70	177,0	637,0	4,06	857,4	75,0	1578,8	70,5	697,1	2697,1	25,7	1289,4	0,42	8,39	-0,13	30424,8	174,4	627,9		1,36	0,24
75	174,4	627,9	3,94	843,0	73,8	1652,5	71,2	768,4	2768,4	19,1	1308,5	0,42	8,81	-0,13	29527,7	171,8	618,6		1,37	0,24
80	171,8	618,6	3,81	827,6	72,4	1724,9	71,3	839,7	2839,7	12,6	1321,1	0,42	9,23	-0,13	28632,8	169,2	609,2		1,37	0,24
85	169,2	609,2	3,68	811,4	71,0	1795,9	70,7	910,4	2910,4	6,2	1327,3	0,42	9,65	-0,13	27751,9	166,6	599,7		1,38	0,24
90	166,6	599,7	3,56	795,0	69,6	1865,5	69,6	979,9	2979,9	0,0	1327,3	0,42	10,07	-0,13	26895,3	164,0	590,4		1,38	0,24
95	164,0	590,4	3,43	778,8	68,1	1933,6	67,9	1047,8	3047,8	-5,9	1321,3	0,42	10,49	-0,12	26072,1	161,5	581,3		1,39	0,25
100	161,5	581,3	3,31	763,2	66,8	2000,4	65,8	1113,6	3113,6	-11,6	1309,8	0,41	10,90	-0,12	25290,6	159,0	572,5		1,39	0,25
105	159,0	572,5	3,18	748,7	65,5	2065,9	63,3	1176,8	3176,8	-17,0	1292,8	0,41	11,31	-0,12	24557,7	156,7	564,2		1,39	0,25
110	156,7	564,2	3,06	735,6	64,4	2130,2	60,5	1237,3	3237,3	-22,0	1270,8	0,41	11,72	-0,12	23879,3	154,5	556,3		1,38	0,24
115	154,5	556,3	2,94	724,4	63,4	2193,6	57,4	1294,7	3294,7	-26,8	1244,0	0,41	12,13	-0,12	23260,6	152,5	549,1		1,37	0,24
120	152,5	549,1	2,81	715,3	62,6	2256,2	54,2	1348,9	3348,9	-31,3	1212,7	0,41	12,54	-0,12	22706,1	150,7	542,5		1,36	0,24
125	150,7	542,5	2,69	708,9	62,0	2318,2	50,8	1399,7	3399,7	-35,6	1177,1	0,41	12,95	-0,12	22219,9	149,1	536,6		1,34	0,23
130	149,1	536,6	2,57	705,4	61,7	2379,9	47,3	1447,0	3447,0	-39,7	1137,5	0,41	13,37	-0,12	21805,8	147,7	531,6		1,31	0,22
135	147,7	531,6	2,44	705,4	61,7	2441,7	43,6	1490,7	3490,7	-43,6	1093,8	0,42	13,79	-0,13	21467,7	146,5	527,5		1,27	0,21
140	146,5	527,5	2,32	709,4	62,1	2503,7	39,9	1530,6	3530,6	-47,5	1046,3	0,42	14,21	-0,13	21209,8	145,6	524,3		1,23	0,20
145	145,6	524,3	2,19	718,1	62,8	2566,5	36,0	1566,6	3566,6	-51,5	994,8	0,43	14,64	-0,13	21037,3	145,0	522,2		1,18	0,18
150	145,0	522,2	2,06	732,4	64,1	2630,6	32,0	1598,6	3598,6	-55,5	939,3	0,44	15,08	-0,13	20956,0	144,8	521,1		1,13	0,17
155	144,8	521,1	1,93	753,3	65,9	2696,5	27,9	1626,5	3626,5	-59,7	879,6	0,46	15,54	-0,14	20401,1	142,8	514,2		1,06	0,15
160	142,8	514,2	1,79	761,0	66,6	2763,1	22,8	1649,3	3649,3	-62,6	817,0	0,47	16,00	-0,14	19951,6	141,3	508,5		1,02	0,14
165	141,3	508,5	1,65	776,5	67,9	2831,0	17,6	1666,8	3666,8	-65,6	751,4	0,48	16,48	-0,14	19608,5	140,0	504,1		0,96	0,13
170	140,0	504,1	1,51	801,6	70,1	2901,2	12,2	1679,0	3679,0	-69,1	682,4	0,50	16,99	-0,15	19375,3	139,2	501,1		0,89	0,11
175	139,2	501,1	1,36	838,7	73,4	2974,6	6,4	1685,4	3685,4	-73,1	609,3	0,53	17,51	-0,16	19258,4	138,8	499,6		0,81	0,10

180	138,8	499,6	1,20	892,2	78,1	3052,6	0,0	1685,4	3685,4	-78,1	531,2	0,56	18,07	-0,17	19268,9	138,8	499,7		0,72	0,08
185	138,8	499,7	1,03	968,6	84,7	3137,3	-7,4	1678,0	3678,0	-84,4	446,8	0,61	18,69	0,24	19424,8	139,4	501,7		0,62	0,07
190	139,4	501,7	1,28	875,9	76,6	3214,0	-13,3	1664,7	3664,7	-75,5	371,3	0,55	19,24	0,22	19693,9	140,3	505,2		0,76	0,09
195	140,3	505,2	1,50	815,5	71,3	3285,3	-18,5	1646,3	3646,3	-68,9	302,4	0,51	19,74	0,20	20060,4	141,6	509,9		0,88	0,11
200	141,6	509,9	1,70	774,9	67,8	3353,1	-23,2	1623,1	3623,1	-63,7	238,7	0,48	20,22	0,19	20515,3	143,2	515,6		0,98	0,13
205	143,2	515,6	1,89	747,7	65,4	3418,5	-27,6	1595,4	3595,4	-59,3	179,4	0,46	20,68	0,18	21052,9	145,1	522,3		1,06	0,15
210	145,1	522,3	2,07	730,1	63,9	3482,4	-31,9	1563,5	3563,5	-55,3	124,1	0,44	21,12	0,18	21669,1	147,2	529,9		1,13	0,17
215	147,2	529,9	2,25	719,8	63,0	3545,4	-36,1	1527,4	3527,4	-51,6	72,5	0,43	21,55	0,17	22361,2	149,5	538,3		1,18	0,19
220	149,5	538,3	2,42	715,3	62,6	3608,0	-40,2	1487,1	3487,1	-47,9	24,6	0,42	21,97	0,17	23126,8	152,1	547,5		1,23	0,20
225	152,1	547,5	2,59	715,5	62,6	3670,6	-44,3	1442,9	3442,9	-44,3	-19,7	0,41	22,38	0,16	23963,5	154,8	557,3		1,27	0,21
230	154,8	557,3	2,75	719,4	62,9	3733,5	-48,2	1394,7	3394,7	-40,5	-60,2	0,41	22,78	0,16	24868,8	157,7	567,7		1,29	0,22
235	157,7	567,7	2,92	726,6	63,6	3797,1	-52,1	1342,6	3342,6	-36,5	-96,6	0,40	23,19	0,16	25839,5	160,7	578,7		1,31	0,22
240	160,7	578,7	3,08	736,5	64,4	3861,5	-55,8	1286,8	3286,8	-32,2	-128,8	0,40	23,59	0,16	26872,0	163,9	590,1		1,33	0,23
245	163,9	590,1	3,24	748,5	65,5	3927,0	-59,4	1227,4	3227,4	-27,7	-156,5	0,40	23,99	0,16	27961,4	167,2	602,0		1,33	0,23
250	167,2	602,0	3,40	762,4	66,7	3993,7	-62,7	1164,7	3164,7	-22,8	-179,3	0,40	24,39	0,16	29101,8	170,6	614,1		1,34	0,23
255	170,6	614,1	3,56	777,6	68,0	4061,7	-65,7	1099,0	3099,0	-17,6	-196,9	0,40	24,78	0,16	30286,3	174,0	626,5		1,33	0,23
260	174,0	626,5	3,72	793,8	69,4	4131,2	-68,4	1030,6	3030,6	-12,1	-209,0	0,40	25,18	0,16	31506,3	177,5	639,0		1,33	0,23
265	177,5	639,0	3,88	810,5	70,9	4202,1	-70,6	960,0	2960,0	-6,2	-215,2	0,40	25,58	0,16	32752,0	181,0	651,5		1,32	0,23
270	181,0	651,5	4,04	827,4	72,4	4274,5	-72,4	887,6	2887,6	0,0	-215,2	0,40	25,98	0,16	34012,5	184,4	663,9		1,32	0,22
275	184,4	663,9	4,20	844,0	73,8	4348,3	-73,6	814,1	2814,1	6,4	-208,7	0,40	26,38	0,16	35275,2	187,8	676,1		1,31	0,22
280	187,8	676,1	4,36	859,9	75,2	4423,5	-74,1	740,0	2740,0	13,1	-195,7	0,40	26,78	0,16	36526,8	191,1	688,0		1,30	0,22
285	191,1	688,0	4,52	874,7	76,5	4500,1	-73,9	666,0	2666,0	19,8	-175,9	0,40	27,18	0,16	37753,2	194,3	699,5		1,29	0,22
290	194,3	699,5	4,68	888,0	77,7	4577,8	-73,0	593,0	2593,0	26,6	-149,3	0,40	27,58	0,16	38939,5	197,3	710,4		1,28	0,21
295	197,3	710,4	4,84	899,5	78,7	4656,5	-71,3	521,7	2521,7	33,3	-116,0	0,40	27,98	0,16	40070,9	200,2	720,6		1,28	0,21
300	200,2	720,6	5,00	908,7	79,5	4736,0	-68,8	452,9	2452,9	39,8	-76,3	0,40	28,38	0,16	41133,0	202,8	730,1		1,27	0,21
305	202,8	730,1	5,15	915,4	80,1	4816,1	-65,6	387,3	2387,3	45,9	-30,3	0,39	28,78	0,16	42111,8	205,2	738,8		1,27	0,21
310	205,2	738,8	5,31	919,4	80,4	4896,5	-61,6	325,6	2325,6	51,7	21,4	0,39	29,17	0,16	42994,6	207,4	746,5		1,27	0,21
315	207,4	746,5	5,47	920,4	80,5	4977,0	-56,9	268,7	2268,7	56,9	78,3	0,39	29,56	-0,21	43770,3	209,2	753,2		1,28	0,21
320	209,2	753,2	5,26	993,9	87,0	5064,0	-55,9	212,8	2212,8	66,6	144,9	0,42	29,97	-0,23	44483,4	210,9	759,3		1,20	0,19
325	210,9	759,3	5,03	1077,7	94,3	5158,3	-54,1	158,7	2158,7	77,2	222,1	0,45	30,42	-0,25	45113,5	212,4	764,6		1,12	0,17
330	212,4	764,6	4,78	1174,8	102,8	5261,0	-51,4	107,3	2107,3	89,0	311,2	0,48	30,90	-0,27	46530,3	215,7	776,6		1,05	0,15
335	215,7	776,6	4,51	1314,5	115,0	5376,0	-48,6	58,7	2058,7	104,2	415,4	0,53	31,44	-0,29	46576,4	215,8	776,9		0,95	0,13
340	215,8	776,9	4,22	1446,8	126,6	5502,6	-43,3	15,4	2015,4	118,9	534,3	0,59	32,02	-0,32	46421,7	215,5	775,6		0,89	0,11
345	215,5	775,6	3,90	1613,5	141,2	5643,8	-36,5	-21,1	1978,9	136,4	670,7	0,66	32,68	-0,36	46018,3	214,5	772,3		0,82	0,10
350	214,5	772,3	3,54	1837,1	160,7	5804,5	-27,9	-49,0	1951,0	158,3	829,0	0,75	33,43	-0,41	45297,9	212,8	766,2		0,75	0,09
355	212,8	766,2	3,13	2167,8	189,7	5994,2	-16,5	-65,5	1934,5	188,9	1017,9	0,89	34,32	-0,49	44147,0	210,1	756,4		0,67	0,07
360	210,1	756,4	2,64	2750,5	240,6	6234,8	0,0	-65,5	1934,5	240,6	1258,5	1,15	35,46	-0,63	42322,8	205,7	740,6		0,58	0,06

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	Σ ΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	187,5	675,0	2,65	2171,9	190,0	190,0	0,0	0,0	2000,0	190,0	190,0	1,01	1,01	0,35	36057,5	189,9	683,6		0,71	0,08
5	189,9	683,6	3,00	1830,0	160,1	350,1	14,0	14,0	2014,0	159,5	349,5	0,84	1,86	0,30	36520,0	191,1	688,0		0,78	0,09
10	191,1	688,0	3,30	1608,1	140,7	490,8	24,4	38,4	2038,4	138,6	488,1	0,74	2,59	0,26	36678,7	191,5	689,5		0,85	0,11
15	191,5	689,5	3,56	1442,7	126,2	617,0	32,7	71,1	2071,1	121,9	610,0	0,66	3,25	0,23	36609,4	191,3	688,8		0,92	0,12
20	191,3	688,8	3,79	1310,1	114,6	731,7	39,2	110,3	2110,3	107,7	717,7	0,60	3,85	0,21	36363,5	190,7	686,5		0,98	0,14
25	190,7	686,5	4,00	1199,0	104,9	836,6	44,3	154,6	2154,6	95,1	812,8	0,55	4,40	0,19	35979,8	189,7	682,9		1,05	0,15
30	189,7	682,9	4,19	1103,3	96,5	933,1	48,3	202,9	2202,9	83,6	896,4	0,51	4,91	0,18	35489,1	188,4	678,2		1,12	0,17
35	188,4	678,2	4,37	1019,3	89,2	1022,3	51,1	254,0	2254,0	73,0	969,4	0,47	5,38	0,17	34917,1	186,9	672,7		1,19	0,19
40	186,9	672,7	4,53	944,6	82,6	1104,9	53,1	307,1	2307,1	63,3	1032,7	0,44	5,83	0,15	34285,1	185,2	666,6		1,26	0,21
45	185,2	666,6	4,69	877,7	76,8	1181,7	54,3	361,4	2361,4	54,3	1087,0	0,41	6,24	-0,12	33611,4	183,3	660,0		1,33	0,23
50	183,3	660,0	4,56	873,7	76,4	1258,1	58,6	420,0	2420,0	49,1	1136,1	0,42	6,66	-0,13	32863,3	181,3	652,6		1,33	0,23
55	181,3	652,6	4,44	866,6	75,8	1333,9	62,1	482,1	2482,1	43,5	1179,6	0,42	7,08	-0,13	32054,0	179,0	644,5		1,33	0,23
60	179,0	644,5	4,31	856,7	75,0	1408,9	64,9	547,0	2547,0	37,5	1217,1	0,42	7,49	-0,13	31197,4	176,6	635,9		1,34	0,23
65	176,6	635,9	4,19	844,5	73,9	1482,8	67,0	613,9	2613,9	31,2	1248,3	0,42	7,91	-0,13	30307,3	174,1	626,7		1,34	0,23
70	174,1	626,7	4,06	830,3	72,6	1555,4	68,3	682,2	2682,2	24,8	1273,2	0,42	8,33	-0,13	29397,3	171,5	617,2		1,35	0,24
75	171,5	617,2	3,94	814,6	71,3	1626,7	68,8	751,0	2751,0	18,4	1291,6	0,42	8,75	-0,12	28480,5	168,8	607,5		1,36	0,24
80	168,8	607,5	3,81	797,7	69,8	1696,5	68,7	819,8	2819,8	12,1	1303,7	0,41	9,16	-0,12	27569,1	166,0	597,7		1,37	0,24
85	166,0	597,7	3,69	780,2	68,3	1764,7	68,0	887,8	2887,8	5,9	1309,7	0,41	9,57	-0,12	26674,1	163,3	588,0		1,37	0,25
90	163,3	588,0	3,57	762,6	66,7	1831,5	66,7	954,5	2954,5	0,0	1309,7	0,41	9,98	-0,12	25805,5	160,6	578,3		1,38	0,25
95	160,6	578,3	3,44	745,1	65,2	1896,6	64,9	1019,4	3019,4	-5,7	1304,0	0,41	10,38	-0,12	24972,1	158,0	568,9		1,39	0,25
100	158,0	568,9	3,32	728,4	63,7	1960,4	62,8	1082,2	3082,2	-11,1	1292,9	0,40	10,79	-0,12	24181,5	155,5	559,8		1,39	0,25
105	155,5	559,8	3,20	712,6	62,3	2022,7	60,2	1142,4	3142,4	-16,1	1276,8	0,40	11,19	-0,12	23439,9	153,1	551,2		1,40	0,25
110	153,1	551,2	3,08	698,2	61,1	2083,8	57,4	1199,8	3199,8	-20,9	1255,9	0,40	11,59	-0,12	22752,9	150,8	543,0		1,39	0,25
115	150,8	543,0	2,96	685,6	60,0	2143,8	54,4	1254,2	3254,2	-25,3	1230,6	0,40	11,99	-0,12	22124,9	148,7	535,5		1,39	0,25
120	148,7	535,5	2,84	675,0	59,1	2202,8	51,1	1305,3	3305,3	-29,5	1201,0	0,40	12,38	-0,12	21559,9	146,8	528,6		1,38	0,25
125	146,8	528,6	2,72	666,9	58,3	2261,2	47,8	1353,1	3353,1	-33,5	1167,6	0,40	12,78	-0,12	21061,1	145,1	522,4		1,36	0,24
130	145,1	522,4	2,60	661,5	57,9	2319,1	44,3	1397,4	3397,4	-37,2	1130,4	0,40	13,18	-0,12	20631,8	143,6	517,1		1,34	0,23
135	143,6	517,1	2,48	659,2	57,7	2376,7	40,8	1438,2	3438,2	-40,8	1089,6	0,40	13,58	-0,12	20275,0	142,4	512,6		1,31	0,22
140	142,4	512,6	2,36	660,6	57,8	2434,5	37,1	1475,4	3475,4	-44,3	1045,3	0,41	13,99	-0,12	19994,1	141,4	509,0		1,27	0,21
145	141,4	509,0	2,24	666,0	58,3	2492,8	33,4	1508,8	3508,8	-47,7	997,6	0,41	14,40	-0,12	19793,0	140,7	506,5		1,23	0,20
150	140,7	506,5	2,12	676,3	59,2	2552,0	29,6	1538,4	3538,4	-51,2	946,3	0,42	14,82	-0,13	19676,4	140,3	505,0		1,18	0,19
155	140,3	505,0	1,99	692,3	60,6	2612,5	25,6	1564,0	3564,0	-54,9	891,5	0,43	15,25	-0,13	19164,1	138,4	498,4		1,12	0,17
160	138,4	498,4	1,86	697,4	61,0	2673,5	20,9	1584,9	3584,9	-57,3	834,1	0,44	15,69	-0,13	18749,4	136,9	492,9		1,07	0,16
165	136,9	492,9	1,73	709,1	62,0	2735,6	16,1	1600,9	3600,9	-59,9	774,2	0,45	16,14	-0,14	18432,9	135,8	488,8		1,02	0,15
170	135,8	488,8	1,59	728,8	63,8	2799,3	11,1	1612,0	3612,0	-62,8	711,4	0,47	16,61	-0,14	18217,3	135,0	485,9		0,96	0,13
175	135,0	485,9	1,45	758,4	66,3	2865,7	5,8	1617,8	3617,8	-66,1	645,3	0,49	17,11	-0,15	18107,7	134,6	484,4		0,88	0,11

180	134,6	484,4	1,31	800,8	70,1	2935,7	0,0	1617,8	3617,8	-70,1	575,2	0,52	17,63	-0,16	18112,9	134,6	484,5		0,80	0,10
185	134,6	484,5	1,15	860,8	75,3	3011,1	-6,6	1611,2	3611,2	-75,0	500,2	0,56	18,19	0,22	18247,1	135,1	486,3		0,70	0,08
190	135,1	486,3	1,37	789,0	69,0	3080,1	-12,0	1599,2	3599,2	-68,0	432,2	0,51	18,70	0,20	18485,7	136,0	489,5		0,83	0,10
195	136,0	489,5	1,58	741,0	64,8	3144,9	-16,8	1582,4	3582,4	-62,6	369,6	0,48	19,17	0,19	18815,5	137,2	493,8		0,94	0,13
200	137,2	493,8	1,77	708,4	62,0	3206,9	-21,2	1561,2	3561,2	-58,2	311,4	0,45	19,62	0,18	19228,7	138,7	499,2		1,04	0,15
205	138,7	499,2	1,95	686,6	60,1	3267,0	-25,4	1535,9	3535,9	-54,4	256,9	0,43	20,06	0,17	19720,1	140,4	505,5		1,11	0,17
210	140,4	505,5	2,12	672,8	58,9	3325,8	-29,4	1506,4	3506,4	-51,0	206,0	0,42	20,48	0,17	20286,3	142,4	512,7		1,18	0,19
215	142,4	512,7	2,29	665,2	58,2	3384,0	-33,4	1473,0	3473,0	-47,7	158,3	0,41	20,89	0,16	20924,8	144,7	520,8		1,23	0,20
220	144,7	520,8	2,45	662,6	58,0	3442,0	-37,3	1435,8	3435,8	-44,4	113,9	0,40	21,29	0,16	21633,4	147,1	529,5		1,27	0,21
225	147,1	529,5	2,61	664,2	58,1	3500,1	-41,1	1394,7	3394,7	-41,1	72,8	0,40	21,68	0,16	22410,1	149,7	538,9		1,31	0,22
230	149,7	538,9	2,77	669,1	58,5	3558,6	-44,8	1349,8	3349,8	-37,6	35,2	0,39	22,07	0,16	23252,8	152,5	549,0		1,33	0,23
235	152,5	549,0	2,93	677,0	59,2	3617,9	-48,5	1301,3	3301,3	-34,0	1,2	0,39	22,46	0,16	24158,6	155,4	559,5		1,35	0,24
240	155,4	559,5	3,08	687,3	60,1	3678,0	-52,1	1249,3	3249,3	-30,1	-28,9	0,39	22,85	0,15	25124,3	158,5	570,6		1,36	0,24
245	158,5	570,6	3,24	699,7	61,2	3739,2	-55,5	1193,8	3193,8	-25,9	-54,7	0,39	23,23	0,15	26145,6	161,7	582,1		1,37	0,24
250	161,7	582,1	3,39	713,7	62,4	3801,7	-58,7	1135,1	3135,1	-21,4	-76,1	0,39	23,62	0,15	27217,2	165,0	593,9		1,37	0,24
255	165,0	593,9	3,55	729,0	63,8	3865,4	-61,6	1073,5	3073,5	-16,5	-92,6	0,39	24,01	0,15	28332,7	168,3	606,0		1,36	0,24
260	168,3	606,0	3,70	745,3	65,2	3930,6	-64,2	1009,3	3009,3	-11,3	-103,9	0,39	24,39	0,15	29484,3	171,7	618,2		1,36	0,24
265	171,7	618,2	3,86	762,1	66,7	3997,3	-66,4	942,8	2942,8	-5,8	-109,7	0,39	24,78	0,16	30663,0	175,1	630,4		1,35	0,24
270	175,1	630,4	4,01	779,1	68,2	4065,5	-68,2	874,7	2874,7	0,0	-109,7	0,39	25,17	0,16	31858,3	178,5	642,6		1,34	0,24
275	178,5	642,6	4,17	795,9	69,6	4135,1	-69,4	805,3	2805,3	6,1	-103,7	0,39	25,56	0,16	33058,9	181,8	654,6		1,33	0,23
280	181,8	654,6	4,32	812,1	71,0	4206,2	-70,0	735,3	2735,3	12,3	-91,3	0,39	25,95	0,16	34251,9	185,1	666,3		1,32	0,23
285	185,1	666,3	4,48	827,2	72,4	4278,5	-69,9	665,4	2665,4	18,7	-72,6	0,39	26,34	0,16	35424,0	188,2	677,6		1,31	0,23
290	188,2	677,6	4,64	840,9	73,6	4352,1	-69,1	596,3	2596,3	25,2	-47,4	0,39	26,73	0,16	36561,0	191,2	688,4		1,31	0,22
295	191,2	688,4	4,79	852,9	74,6	4426,7	-67,6	528,7	2528,7	31,5	-15,9	0,39	27,13	0,16	37648,7	194,0	698,5		1,30	0,22
300	194,0	698,5	4,95	862,7	75,5	4502,2	-65,4	463,3	2463,3	37,7	21,8	0,39	27,51	0,16	38673,0	196,7	708,0		1,29	0,22
305	196,7	708,0	5,10	870,1	76,1	4578,3	-62,4	401,0	2401,0	43,7	65,5	0,39	27,90	0,15	39620,5	199,0	716,6		1,29	0,22
310	199,0	716,6	5,26	874,9	76,5	4654,9	-58,6	342,3	2342,3	49,2	114,7	0,38	28,29	0,15	40478,7	201,2	724,3		1,29	0,22
315	201,2	724,3	5,41	876,9	76,7	4731,6	-54,2	288,1	2288,1	54,2	168,9	0,38	28,67	-0,21	41236,5	203,1	731,0		1,29	0,22
320	203,1	731,0	5,20	947,4	82,9	4814,5	-53,3	234,8	2234,8	63,5	232,4	0,41	29,08	-0,22	41937,2	204,8	737,2		1,21	0,20
325	204,8	737,2	4,98	1027,8	89,9	4904,4	-51,6	183,2	2183,2	73,7	306,1	0,44	29,51	-0,24	42561,6	206,3	742,7		1,14	0,17
330	206,3	742,7	4,74	1120,8	98,1	5002,4	-49,0	134,2	2134,2	84,9	391,0	0,48	29,99	-0,26	43874,8	209,5	754,1		1,06	0,15
335	209,5	754,1	4,48	1253,0	109,6	5112,1	-46,3	87,9	2087,9	99,4	490,4	0,52	30,51	-0,29	43974,7	209,7	754,9		0,97	0,13
340	209,7	754,9	4,19	1380,0	120,7	5232,8	-41,3	46,6	2046,6	113,5	603,8	0,58	31,09	-0,32	43888,0	209,5	754,2		0,90	0,12
345	209,5	754,2	3,87	1539,9	134,7	5367,5	-34,9	11,7	2011,7	130,1	733,9	0,64	31,73	-0,35	43569,9	208,7	751,4		0,83	0,10
350	208,7	751,4	3,52	1753,6	153,4	5520,9	-26,6	-14,9	1985,1	151,1	885,0	0,73	32,47	-0,40	42956,4	207,3	746,1		0,76	0,09
355	207,3	746,1	3,11	2068,3	181,0	5701,9	-15,8	-30,7	1969,3	180,3	1065,3	0,87	33,34	-0,48	41942,6	204,8	737,3		0,68	0,08
360	204,8	737,3	2,63	2618,0	229,0	5930,9	0,0	-30,7	1969,3	229,0	1294,3	1,12	34,46	-0,62	40307,1	200,8	722,8		0,59	0,06

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	Σ ΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	212,5	765,0	2,65	2789,7	244,1	244,1	0,0	0,0	2000,0	244,1	244,1	1,15	1,15	0,40	46387,1	215,4	775,4		0,36	0,04
5	215,4	775,4	3,05	2300,1	201,2	445,3	17,5	17,5	2017,5	200,5	444,5	0,93	2,08	0,33	47025,2	216,9	780,7		0,41	0,05
10	216,9	780,7	3,38	2002,2	175,2	620,5	30,4	48,0	2048,0	172,5	617,0	0,81	2,89	0,28	47271,3	217,4	782,7		0,45	0,06
15	217,4	782,7	3,66	1787,5	156,4	776,9	40,5	88,4	2088,4	151,1	768,1	0,72	3,61	0,25	47228,4	217,3	782,4		0,48	0,06
20	217,3	782,4	3,91	1618,9	141,6	918,5	48,4	136,9	2136,9	133,1	901,2	0,65	4,26	0,23	46963,8	216,7	780,2		0,52	0,07
25	216,7	780,2	4,14	1479,7	129,5	1048,0	54,7	191,6	2191,6	117,3	1018,5	0,60	4,86	0,21	46526,7	215,7	776,5		0,56	0,07
30	215,7	776,5	4,35	1361,1	119,1	1167,0	59,5	251,1	2251,1	103,1	1121,6	0,55	5,41	0,19	45955,6	214,4	771,7		0,59	0,08
35	214,4	771,7	4,54	1257,7	110,0	1277,1	63,1	314,2	2314,2	90,1	1211,8	0,51	5,92	0,18	45282,0	212,8	766,1		0,63	0,09
40	212,8	766,1	4,72	1166,4	102,0	1379,1	65,6	379,8	2379,8	78,2	1290,0	0,48	6,40	0,17	44532,4	211,0	759,7		0,67	0,10
45	211,0	759,7	4,89	1084,9	94,9	1474,0	67,1	446,9	2446,9	67,1	1357,1	0,45	6,85	-0,13	43728,8	209,1	752,8		0,71	0,11
50	209,1	752,8	4,76	1083,6	94,8	1568,8	72,6	519,6	2519,6	60,9	1418,0	0,45	7,31	-0,14	42830,9	207,0	745,0		0,71	0,11
55	207,0	745,0	4,62	1078,9	94,4	1663,2	77,3	596,9	2596,9	54,1	1472,1	0,46	7,76	-0,14	41854,2	204,6	736,5		0,71	0,11
60	204,6	736,5	4,48	1071,0	93,7	1756,9	81,1	678,0	2678,0	46,9	1519,0	0,46	8,22	-0,14	40814,8	202,0	727,3		0,71	0,11
65	202,0	727,3	4,35	1060,4	92,8	1849,7	84,1	762,1	2762,1	39,2	1558,2	0,46	8,68	-0,14	39729,3	199,3	717,6		0,71	0,11
70	199,3	717,6	4,21	1047,4	91,6	1941,3	86,1	848,2	2848,2	31,3	1589,5	0,46	9,14	-0,14	38614,1	196,5	707,4		0,72	0,11
75	196,5	707,4	4,07	1032,7	90,3	2031,7	87,3	935,5	2935,5	23,4	1612,9	0,46	9,60	-0,14	37485,3	193,6	697,0		0,72	0,11
80	193,6	697,0	3,93	1016,5	88,9	2120,6	87,6	1023,1	3023,1	15,4	1628,4	0,46	10,06	-0,14	36357,7	190,7	686,4		0,72	0,11
85	190,7	686,4	3,79	999,6	87,5	2208,1	87,1	1110,2	3110,2	7,6	1636,0	0,46	10,52	-0,14	35245,5	187,7	675,9		0,72	0,11
90	187,7	675,9	3,66	982,4	85,9	2294,0	85,9	1196,2	3196,2	0,0	1636,0	0,46	10,98	-0,14	34161,5	184,8	665,4		0,73	0,11
95	184,8	665,4	3,52	965,4	84,5	2378,5	84,1	1280,3	3280,3	-7,4	1628,6	0,46	11,43	-0,14	33116,9	182,0	655,1		0,73	0,11
100	182,0	655,1	3,38	949,2	83,0	2461,5	81,8	1362,1	3362,1	-14,4	1614,2	0,46	11,89	-0,14	32122,1	179,2	645,2		0,73	0,11
105	179,2	645,2	3,25	934,3	81,7	2543,3	79,0	1441,0	3441,0	-21,2	1593,1	0,46	12,35	-0,14	31185,7	176,6	635,7		0,73	0,11
110	176,6	635,7	3,11	921,2	80,6	2623,9	75,7	1516,8	3516,8	-27,6	1565,5	0,46	12,80	-0,14	30315,6	174,1	626,8		0,72	0,11
115	174,1	626,8	2,97	910,3	79,6	2703,5	72,2	1588,9	3588,9	-33,7	1531,8	0,46	13,26	-0,14	29518,4	171,8	618,5		0,72	0,11
120	171,8	618,5	2,83	902,3	78,9	2782,4	68,4	1657,3	3657,3	-39,5	1492,4	0,46	13,72	-0,14	28800,1	169,7	610,9		0,71	0,11
125	169,7	610,9	2,70	897,6	78,5	2861,0	64,3	1721,6	3721,6	-45,0	1447,3	0,46	14,18	-0,14	28166,3	167,8	604,2		0,69	0,10
130	167,8	604,2	2,56	897,0	78,5	2939,4	60,1	1781,8	3781,8	-50,4	1396,9	0,47	14,65	-0,14	27622,2	166,2	598,3		0,68	0,10
135	166,2	598,3	2,42	901,0	78,8	3018,3	55,7	1837,5	3837,5	-55,7	1341,1	0,47	15,12	-0,14	27173,3	164,8	593,4		0,66	0,09
140	164,8	593,4	2,28	910,7	79,7	3097,9	51,2	1888,7	3888,7	-61,0	1280,1	0,48	15,61	-0,14	26825,6	163,8	589,6		0,63	0,09
145	163,8	589,6	2,13	927,0	81,1	3179,0	46,5	1935,2	3935,2	-66,4	1213,7	0,50	16,10	-0,15	26586,4	163,1	587,0		0,60	0,08
150	163,1	587,0	1,98	951,5	83,2	3262,3	41,6	1976,9	3976,9	-72,1	1141,6	0,51	16,61	-0,15	26464,4	162,7	585,6		0,57	0,08
155	162,7	585,6	1,83	986,3	86,3	3348,6	36,5	2013,3	4013,3	-78,2	1063,4	0,53	17,14	-0,16	25733,7	160,4	577,5		0,53	0,07
160	160,4	577,5	1,67	1005,3	87,9	3436,5	30,1	2043,4	4043,4	-82,6	980,7	0,55	17,69	-0,16	25136,2	158,5	570,8		0,50	0,06
165	158,5	570,8	1,51	1036,8	90,7	3527,2	23,5	2066,9	4066,9	-87,6	893,1	0,57	18,26	-0,17	24674,8	157,1	565,5		0,46	0,06
170	157,1	565,5	1,33	1084,9	94,9	3622,2	16,5	2083,4	4083,4	-93,5	799,6	0,60	18,87	-0,18	24356,0	156,1	561,8		0,42	0,05
175	156,1	561,8	1,15	1155,5	101,1	3723,3	8,8	2092,2	4092,2	-100,7	698,9	0,65	19,51	-0,19	24192,0	155,5	559,9		0,36	0,04

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	Σ ΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	212,5	765,0	2,65	2789,7	244,1	244,1	0,0	0,0	2000,0	244,1	244,1	1,15	1,15	0,40	46047,4	214,6	772,5		0,44	0,04
5	214,6	772,5	3,05	2283,3	199,8	443,8	17,4	17,4	2017,4	199,0	443,1	0,93	2,08	0,33	46419,0	215,5	775,6		0,49	0,04
10	215,5	775,6	3,38	1977,3	173,0	616,8	30,0	47,5	2047,5	170,4	613,4	0,80	2,88	0,28	46443,3	215,5	775,8		0,54	0,05
15	215,5	775,8	3,66	1758,0	153,8	770,6	39,8	87,3	2087,3	148,6	762,0	0,71	3,60	0,25	46210,3	215,0	773,9		0,59	0,05
20	215,0	773,9	3,91	1586,6	138,8	909,4	47,5	134,7	2134,7	130,4	892,4	0,65	4,24	0,23	45779,7	214,0	770,3		0,64	0,06
25	214,0	770,3	4,13	1445,5	126,5	1035,9	53,4	188,2	2188,2	114,6	1007,1	0,59	4,83	0,21	45195,8	212,6	765,3		0,68	0,06
30	212,6	765,3	4,34	1325,6	116,0	1151,9	58,0	246,2	2246,2	100,4	1107,5	0,55	5,38	0,19	44494,0	210,9	759,4		0,73	0,07
35	210,9	759,4	4,53	1221,4	106,9	1258,7	61,3	307,5	2307,5	87,5	1195,0	0,51	5,89	0,18	43703,1	209,1	752,6		0,78	0,07
40	209,1	752,6	4,71	1129,6	98,8	1357,6	63,5	371,0	2371,0	75,7	1270,7	0,47	6,36	0,17	42847,8	207,0	745,2		0,83	0,08
45	207,0	745,2	4,88	1047,9	91,7	1449,3	64,8	435,8	2435,8	64,8	1335,6	0,44	6,80	-0,13	41948,7	204,8	737,3		0,88	0,09
50	204,8	737,3	4,74	1043,1	91,3	1540,5	69,9	505,7	2505,7	58,7	1394,2	0,45	7,25	-0,13	40958,6	202,4	728,6		0,88	0,09
55	202,4	728,6	4,61	1034,7	90,5	1631,0	74,2	579,9	2579,9	51,9	1446,2	0,45	7,69	-0,13	39893,3	199,7	719,0		0,89	0,09
60	199,7	719,0	4,47	1023,2	89,5	1720,6	77,5	657,4	2657,4	44,8	1490,9	0,45	8,14	-0,13	38769,2	196,9	708,8		0,89	0,09
65	196,9	708,8	4,34	1008,8	88,3	1808,8	80,0	737,4	2737,4	37,3	1528,2	0,45	8,59	-0,13	37603,0	193,9	698,1		0,90	0,09
70	193,9	698,1	4,21	992,1	86,8	1895,6	81,6	819,0	2819,0	29,7	1557,9	0,45	9,04	-0,13	36411,1	190,8	686,9		0,90	0,09
75	190,8	686,9	4,07	973,5	85,2	1980,8	82,3	901,2	2901,2	22,0	1579,9	0,45	9,48	-0,13	35209,4	187,6	675,5		0,91	0,09
80	187,6	675,5	3,94	953,6	83,4	2064,2	82,2	983,4	2983,4	14,5	1594,4	0,44	9,93	-0,13	34012,8	184,4	663,9		0,92	0,09
85	184,4	663,9	3,80	932,8	81,6	2145,8	81,3	1064,7	3064,7	7,1	1601,5	0,44	10,37	-0,13	32834,9	181,2	652,3		0,93	0,09
90	181,2	652,3	3,67	911,7	79,8	2225,6	79,8	1144,5	3144,5	0,0	1601,5	0,44	10,81	-0,13	31688,1	178,0	640,8		0,93	0,09
95	178,0	640,8	3,54	890,8	77,9	2303,5	77,6	1222,1	3222,1	-6,8	1594,8	0,44	11,25	-0,13	30583,2	174,9	629,6		0,94	0,10
100	174,9	629,6	3,41	870,5	76,2	2379,7	75,0	1297,1	3297,1	-13,2	1581,5	0,44	11,68	-0,13	29529,5	171,8	618,6		0,95	0,10
105	171,8	618,6	3,28	851,3	74,5	2454,2	71,9	1369,0	3369,0	-19,3	1562,3	0,43	12,12	-0,13	28534,9	168,9	608,1		0,95	0,10
110	168,9	608,1	3,15	833,6	72,9	2527,1	68,5	1437,6	3437,6	-24,9	1537,3	0,43	12,55	-0,13	27606,0	166,2	598,1		0,95	0,10
115	166,2	598,1	3,02	818,0	71,6	2598,7	64,9	1502,4	3502,4	-30,2	1507,1	0,43	12,98	-0,13	26748,3	163,5	588,8		0,95	0,10
120	163,5	588,8	2,89	804,7	70,4	2669,1	61,0	1563,4	3563,4	-35,2	1471,9	0,43	13,41	-0,13	25966,4	161,1	580,1		0,94	0,10
125	161,1	580,1	2,76	794,2	69,5	2738,5	56,9	1620,3	3620,3	-39,9	1432,0	0,43	13,84	-0,13	25264,1	158,9	572,2		0,93	0,09
130	158,9	572,2	2,63	786,9	68,8	2807,4	52,7	1673,0	3673,0	-44,3	1387,8	0,43	14,28	-0,13	24644,9	157,0	565,2		0,92	0,09
135	157,0	565,2	2,50	783,3	68,5	2875,9	48,5	1721,5	3721,5	-48,5	1339,3	0,44	14,71	-0,13	24112,0	155,3	559,0		0,90	0,09
140	155,3	559,0	2,37	784,0	68,6	2944,5	44,1	1765,6	3765,6	-52,5	1286,8	0,44	15,15	-0,13	23669,0	153,8	553,9		0,88	0,09
145	153,8	553,9	2,24	789,6	69,1	3013,6	39,6	1805,2	3805,2	-56,6	1230,2	0,45	15,60	-0,13	23319,7	152,7	549,7		0,85	0,08
150	152,7	549,7	2,10	801,0	70,1	3083,7	35,0	1840,3	3840,3	-60,7	1169,5	0,46	16,06	-0,14	23069,0	151,9	546,8		0,81	0,08
155	151,9	546,8	1,96	819,2	71,7	3155,3	30,3	1870,5	3870,5	-65,0	1104,5	0,47	16,53	-0,14	22484,7	149,9	539,8		0,77	0,07
160	149,9	539,8	1,82	829,8	72,6	3227,9	24,8	1895,4	3895,4	-68,2	1036,3	0,48	17,02	-0,15	22011,6	148,4	534,1		0,73	0,07
165	148,4	534,1	1,68	848,9	74,3	3302,2	19,2	1914,6	3914,6	-71,7	964,6	0,50	17,52	-0,15	21652,0	147,1	529,7		0,69	0,06
170	147,1	529,7	1,53	878,6	76,9	3379,1	13,3	1927,9	3927,9	-75,7	888,9	0,52	18,04	-0,16	21410,6	146,3	526,8		0,64	0,06
175	146,3	526,8	1,37	922,2	80,7	3459,8	7,0	1935,0	3935,0	-80,4	808,5	0,55	18,59	-0,17	21295,9	145,9	525,4		0,58	0,05

180	145,9	525,4	1,21	984,5	86,1	3545,9	0,0	1935,0	3935,0	-86,1	722,4	0,59	19,18	-0,18	21321,6	146,0	525,7		0,51	0,04
185	146,0	525,7	1,03	1073,8	93,9	3639,8	-8,2	1926,8	3926,8	-93,6	628,8	0,64	19,83	0,26	21509,9	146,7	528,0		0,44	0,04
190	146,7	528,0	1,29	965,9	84,5	3724,3	-14,7	1912,1	3912,1	-83,2	545,6	0,58	20,40	0,23	21821,1	147,7	531,8		0,54	0,05
195	147,7	531,8	1,52	896,3	78,4	3802,7	-20,3	1891,8	3891,8	-75,7	469,8	0,53	20,93	0,21	22238,6	149,1	536,9		0,63	0,05
200	149,1	536,9	1,73	849,7	74,3	3877,1	-25,4	1866,4	3866,4	-69,9	399,9	0,50	21,43	0,20	22752,9	150,8	543,0		0,70	0,06
205	150,8	543,0	1,93	818,5	71,6	3948,7	-30,3	1836,1	3836,1	-64,9	335,0	0,47	21,91	0,19	23358,1	152,8	550,2		0,76	0,07
210	152,8	550,2	2,12	798,1	69,8	4018,5	-34,9	1801,2	3801,2	-60,5	274,6	0,46	22,36	0,18	24050,2	155,1	558,3		0,81	0,08
215	155,1	558,3	2,30	785,9	68,8	4087,3	-39,4	1761,8	3761,8	-56,3	218,3	0,44	22,81	0,18	24826,5	157,6	567,2		0,85	0,08
220	157,6	567,2	2,48	780,2	68,3	4155,5	-43,9	1717,9	3717,9	-52,3	166,0	0,43	23,24	0,17	25684,8	160,3	577,0		0,88	0,09
225	160,3	577,0	2,65	779,7	68,2	4223,8	-48,2	1669,7	3669,7	-48,2	117,7	0,43	23,66	0,17	26622,9	163,2	587,4		0,91	0,09
230	163,2	587,4	2,82	783,5	68,5	4292,3	-52,5	1617,2	3617,2	-44,1	73,7	0,42	24,08	0,17	27638,6	166,2	598,5		0,93	0,09
235	166,2	598,5	2,99	790,8	69,2	4361,5	-56,7	1560,5	3560,5	-39,7	34,0	0,42	24,50	0,17	28729,0	169,5	610,2		0,94	0,10
240	169,5	610,2	3,16	801,1	70,1	4431,6	-60,7	1499,8	3499,8	-35,0	-1,1	0,41	24,91	0,17	29890,5	172,9	622,4		0,95	0,10
245	172,9	622,4	3,32	813,9	71,2	4502,8	-64,5	1435,2	3435,2	-30,1	-31,2	0,41	25,33	0,16	31118,5	176,4	635,1		0,96	0,10
250	176,4	635,1	3,49	828,7	72,5	4575,3	-68,1	1367,1	3367,1	-24,8	-56,0	0,41	25,74	0,16	32407,2	180,0	648,1		0,96	0,10
255	180,0	648,1	3,65	845,1	73,9	4649,2	-71,4	1295,7	3295,7	-19,1	-75,1	0,41	26,15	0,16	33749,7	183,7	661,4		0,96	0,10
260	183,7	661,4	3,81	862,7	75,5	4724,7	-74,3	1221,4	3221,4	-13,1	-88,2	0,41	26,56	0,16	35137,5	187,4	674,8		0,95	0,10
265	187,4	674,8	3,98	880,9	77,1	4801,8	-76,8	1144,6	3144,6	-6,7	-94,9	0,41	26,97	0,16	36560,5	191,2	688,3		0,95	0,10
270	191,2	688,3	4,14	899,5	78,7	4880,5	-78,7	1065,9	3065,9	0,0	-94,9	0,41	27,38	0,16	38007,3	195,0	701,8		0,94	0,10
275	195,0	701,8	4,31	917,9	80,3	4960,8	-80,0	985,9	2985,9	7,0	-87,9	0,41	27,79	0,16	39465,2	198,7	715,2		0,93	0,09
280	198,7	715,2	4,47	935,8	81,9	5042,7	-80,6	905,3	2905,3	14,2	-73,7	0,41	28,21	0,16	40919,9	202,3	728,2		0,92	0,09
285	202,3	728,2	4,64	952,6	83,3	5126,0	-80,5	824,8	2824,8	21,6	-52,1	0,41	28,62	0,16	42356,3	205,8	740,9		0,92	0,09
290	205,8	740,9	4,80	968,0	84,7	5210,7	-79,6	745,2	2745,2	29,0	-23,2	0,41	29,03	0,16	43758,4	209,2	753,1		0,91	0,09
295	209,2	753,1	4,97	981,6	85,9	5296,6	-77,8	667,3	2667,3	36,3	13,1	0,41	29,44	0,16	45110,0	212,4	764,6		0,90	0,09
300	212,4	764,6	5,13	992,9	86,9	5383,4	-75,2	592,1	2592,1	43,4	56,6	0,41	29,85	0,16	46394,8	215,4	775,4		0,90	0,09
305	215,4	775,4	5,29	1001,7	87,6	5471,1	-71,8	520,3	2520,3	50,3	106,8	0,41	30,26	0,16	47596,9	218,2	785,4		0,89	0,09
310	218,2	785,4	5,46	1007,7	88,2	5559,2	-67,5	452,8	2452,8	56,7	163,5	0,40	30,66	0,16	48701,6	220,7	794,5		0,89	0,09
315	220,7	794,5	5,62	1010,7	88,4	5647,7	-62,5	390,3	2390,3	62,5	226,0	0,40	31,06	-0,22	49695,4	222,9	802,5		0,89	0,09
320	222,9	802,5	5,40	1093,5	95,7	5743,3	-61,5	328,8	2328,8	73,3	299,3	0,43	31,49	-0,24	50637,9	225,0	810,1		0,83	0,08
325	225,0	810,1	5,16	1188,4	104,0	5847,3	-59,6	269,1	2269,1	85,2	384,5	0,46	31,95	-0,25	51508,4	227,0	817,0		0,78	0,07
330	227,0	817,0	4,91	1298,8	113,6	5960,9	-56,8	212,3	2212,3	98,4	482,9	0,50	32,45	-0,28	52978,4	230,2	828,6		0,72	0,07
335	230,2	828,6	4,63	1449,1	126,8	6087,7	-53,6	158,7	2158,7	114,9	597,8	0,55	33,00	-0,30	53369,6	231,0	831,7		0,66	0,06
340	231,0	831,7	4,33	1604,6	140,4	6228,1	-48,0	110,7	2110,7	131,9	729,7	0,61	33,61	-0,33	53571,9	231,5	833,2		0,61	0,05
345	231,5	833,2	4,00	1802,2	157,7	6385,8	-40,8	69,9	2069,9	152,3	882,0	0,68	34,29	-0,37	53535,0	231,4	833,0		0,56	0,05
350	231,4	833,0	3,62	2069,8	181,1	6566,9	-31,4	38,5	2038,5	178,3	1060,3	0,78	35,07	-0,43	53187,7	230,6	830,2		0,50	0,04
355	230,6	830,2	3,19	2470,4	216,1	6783,0	-18,8	19,6	2019,6	215,3	1275,7	0,94	36,01	-0,52	52411,8	228,9	824,2		0,45	0,04
360	228,9	824,2	2,68	3188,8	279,0	7062,0	0,0	19,6	2019,6	279,0	1554,6	1,22	37,23	-0,67	50954,7	225,7	812,6		0,38	0,03

180	155,5	559,9	0,96	1259,4	110,2	3833,4	0,0	2092,2	4092,2	-110,2	588,7	0,71	20,22	-0,21	24203,8	155,6	560,1		0,30	0,04
185	155,6	560,1	0,75	1416,5	123,9	3957,4	-10,8	2081,4	4081,4	-123,5	465,3	0,80	21,02	0,32	24428,3	156,3	562,7		0,24	0,03
190	156,3	562,7	1,06	1215,3	106,3	4063,7	-18,5	2062,9	4062,9	-104,7	360,6	0,68	21,70	0,27	24798,1	157,5	566,9		0,33	0,04
195	157,5	566,9	1,34	1098,0	96,1	4159,8	-24,9	2038,0	4038,0	-92,8	267,8	0,61	22,31	0,24	25288,0	159,0	572,5		0,41	0,05
200	159,0	572,5	1,58	1022,9	89,5	4249,3	-30,6	2007,4	4007,4	-84,1	183,7	0,56	22,87	0,23	25884,6	160,9	579,2		0,48	0,06
205	160,9	579,2	1,81	973,0	85,1	4334,4	-36,0	1971,5	3971,5	-77,2	106,5	0,53	23,40	0,21	26580,0	163,0	586,9		0,53	0,07
210	163,0	586,9	2,02	939,8	82,2	4416,6	-41,1	1930,3	3930,3	-71,2	35,3	0,50	23,91	0,20	27368,7	165,4	595,6		0,57	0,08
215	165,4	595,6	2,22	918,3	80,3	4496,9	-46,1	1884,3	3884,3	-65,8	-30,5	0,49	24,39	0,19	28247,0	168,1	605,0		0,61	0,09
220	168,1	605,0	2,41	905,7	79,2	4576,2	-50,9	1833,3	3833,3	-60,7	-91,2	0,47	24,86	0,19	29211,3	170,9	615,3		0,64	0,09
225	170,9	615,3	2,60	899,9	78,7	4654,9	-55,7	1777,7	3777,7	-55,7	-146,9	0,46	25,32	0,18	30258,4	173,9	626,2		0,66	0,10
230	173,9	626,2	2,79	899,6	78,7	4733,6	-60,3	1717,4	3717,4	-50,6	-197,5	0,45	25,78	0,18	31384,7	177,2	637,8		0,68	0,10
235	177,2	637,8	2,97	903,6	79,1	4812,7	-64,8	1652,6	3652,6	-45,3	-242,8	0,45	26,22	0,18	32585,9	180,5	649,9		0,69	0,10
240	180,5	649,9	3,15	911,2	79,7	4892,4	-69,0	1583,6	3583,6	-39,9	-282,7	0,44	26,66	0,18	33856,9	184,0	662,4		0,70	0,11
245	184,0	662,4	3,32	921,6	80,6	4973,0	-73,1	1510,5	3510,5	-34,1	-316,7	0,44	27,10	0,18	35191,4	187,6	675,3		0,71	0,11
250	187,6	675,3	3,50	934,3	81,7	5054,8	-76,8	1433,7	3433,7	-28,0	-344,7	0,44	27,54	0,17	36581,9	191,3	688,6		0,71	0,11
255	191,3	688,6	3,67	948,8	83,0	5137,8	-80,2	1353,5	3353,5	-21,5	-366,2	0,43	27,97	0,17	38019,5	195,0	701,9		0,71	0,11
260	195,0	701,9	3,85	964,3	84,4	5222,2	-83,1	1270,4	3270,4	-14,7	-380,8	0,43	28,41	0,17	39493,7	198,7	715,4		0,71	0,11
265	198,7	715,4	4,02	980,6	85,8	5307,9	-85,5	1184,9	3184,9	-7,5	-388,3	0,43	28,84	0,17	40992,5	202,5	728,9		0,71	0,11
270	202,5	728,9	4,19	997,1	87,2	5395,2	-87,2	1097,7	3097,7	0,0	-388,3	0,43	29,27	0,17	42502,7	206,2	742,2		0,71	0,11
275	206,2	742,2	4,36	1013,2	88,6	5483,8	-88,3	1009,4	3009,4	7,7	-380,6	0,43	29,70	0,17	44009,5	209,8	755,2		0,71	0,11
280	209,8	755,2	4,54	1028,5	90,0	5573,8	-88,6	920,8	2920,8	15,6	-365,0	0,43	30,13	0,17	45497,3	213,3	767,9		0,70	0,11
285	213,3	767,9	4,71	1042,7	91,2	5665,0	-88,1	832,7	2832,7	23,6	-341,3	0,43	30,55	0,17	46949,4	216,7	780,0		0,70	0,10
290	216,7	780,0	4,88	1055,1	92,3	5757,3	-86,7	745,9	2745,9	31,6	-309,8	0,43	30,98	0,17	48349,0	219,9	791,6		0,69	0,10
295	219,9	791,6	5,05	1065,5	93,2	5850,6	-84,5	661,4	2661,4	39,4	-270,4	0,42	31,40	0,17	49679,2	222,9	802,4		0,69	0,10
300	222,9	802,4	5,22	1073,4	93,9	5944,5	-81,3	580,1	2580,1	47,0	-223,4	0,42	31,83	0,17	50923,5	225,7	812,4		0,69	0,10
305	225,7	812,4	5,39	1078,6	94,4	6038,8	-77,3	502,8	2502,8	54,1	-169,3	0,42	32,24	0,17	52066,4	228,2	821,5		0,69	0,10
310	228,2	821,5	5,55	1080,7	94,6	6133,4	-72,4	430,4	2430,4	60,8	-108,5	0,41	32,66	0,17	53093,8	230,4	829,5		0,69	0,10
315	230,4	829,5	5,72	1079,8	94,5	6227,8	-66,8	363,6	2363,6	66,8	-41,7	0,41	33,07	-0,23	53993,3	232,4	836,5		0,69	0,10
320	232,4	836,5	5,49	1164,1	101,8	6329,7	-65,5	298,1	2298,1	78,0	36,3	0,44	33,51	-0,24	54817,2	234,1	842,9		0,65	0,09
325	234,1	842,9	5,25	1260,3	110,3	6440,0	-63,2	234,9	2234,9	90,3	126,6	0,47	33,98	-0,26	55541,8	235,7	848,4		0,61	0,08
330	235,7	848,4	4,99	1371,6	120,0	6560,0	-60,0	174,9	2174,9	103,9	230,5	0,51	34,49	-0,28	57165,1	239,1	860,7		0,57	0,08
335	239,1	860,7	4,71	1530,4	133,9	6693,8	-56,6	118,3	2118,3	121,4	351,9	0,56	35,05	-0,31	57211,3	239,2	861,1		0,52	0,07
340	239,2	861,1	4,41	1682,5	147,2	6841,1	-50,3	68,0	2068,0	138,3	490,2	0,62	35,66	-0,34	57022,4	238,8	859,7		0,48	0,06
345	238,8	859,7	4,07	1874,2	164,0	7005,0	-42,4	25,5	2025,5	158,4	648,6	0,69	36,35	-0,38	56543,0	237,8	856,0		0,44	0,06
350	237,8	856,0	3,69	2130,9	186,4	7191,4	-32,4	-6,9	1993,1	183,6	832,2	0,78	37,13	-0,43	55694,1	236,0	849,6		0,40	0,05
355	236,0	849,6	3,26	2509,5	219,6	7411,0	-19,1	-26,0	1974,0	218,7	1050,9	0,93	38,06	-0,51	54344,8	233,1	839,2		0,36	0,04
360	233,1	839,2	2,75	3171,3	277,5	7688,5	0,0	-26,0	1974,0	277,5	1328,4	1,19	39,25	-0,65	52217,9	228,5	822,6		0,31	0,04

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	ΣΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	187,5	675,0	2,65	2171,9	190,0	190,0	0,0	0,0	2000,0	190,0	190,0	1,01	1,01	0,35	36644,4	191,4	689,1		0,57	0,06
5	191,4	689,1	3,00	1859,8	162,7	352,7	14,2	14,2	2014,2	162,1	352,1	0,85	1,86	0,30	37603,2	193,9	698,1		0,62	0,07
10	193,9	698,1	3,30	1654,1	144,7	497,4	25,1	39,3	2039,3	142,5	494,6	0,75	2,61	0,26	38190,4	195,4	703,5		0,66	0,08
15	195,4	703,5	3,56	1498,8	131,1	628,6	33,9	73,2	2073,2	126,7	621,3	0,67	3,28	0,23	38493,8	196,2	706,3		0,71	0,08
20	196,2	706,3	3,80	1372,7	120,1	748,7	41,1	114,3	2114,3	112,9	734,1	0,61	3,89	0,21	38573,0	196,4	707,0		0,75	0,09
25	196,4	707,0	4,01	1265,9	110,7	859,4	46,8	161,1	2161,1	100,4	834,5	0,56	4,46	0,20	38472,6	196,1	706,1		0,80	0,10
30	196,1	706,1	4,21	1172,8	102,6	962,0	51,3	212,4	2212,4	88,9	923,4	0,52	4,98	0,18	38228,6	195,5	703,9		0,84	0,11
35	195,5	703,9	4,39	1090,4	95,4	1057,4	54,7	267,2	2267,2	78,1	1001,5	0,49	5,47	0,17	37870,9	194,6	700,6		0,89	0,12
40	194,6	700,6	4,56	1016,5	88,9	1146,4	57,2	324,3	2324,3	68,1	1069,6	0,46	5,92	0,16	37424,6	193,5	696,4		0,94	0,13
45	193,5	696,4	4,72	949,8	83,1	1229,5	58,8	383,1	2383,1	58,8	1128,4	0,43	6,35	-0,13	36911,3	192,1	691,6		0,99	0,14
50	192,1	691,6	4,59	952,1	83,3	1312,8	63,8	446,9	2446,9	53,5	1181,9	0,43	6,79	-0,13	36310,1	190,6	686,0		0,98	0,14
55	190,6	686,0	4,46	951,2	83,2	1396,0	68,2	515,1	2515,1	47,7	1229,7	0,44	7,22	-0,13	35633,5	188,8	679,6		0,98	0,14
60	188,8	679,6	4,33	947,5	82,9	1478,9	71,8	586,8	2586,8	41,4	1271,1	0,44	7,66	-0,13	34895,1	186,8	672,5		0,97	0,14
65	186,8	672,5	4,20	941,2	82,3	1561,2	74,6	661,5	2661,5	34,8	1305,9	0,44	8,10	-0,13	34108,9	184,7	664,9		0,97	0,14
70	184,7	664,9	4,07	932,7	81,6	1642,8	76,7	738,2	2738,2	27,9	1333,8	0,44	8,55	-0,13	33289,2	182,5	656,8		0,97	0,14
75	182,5	656,8	3,94	922,5	80,7	1723,5	78,0	816,1	2816,1	20,9	1354,7	0,44	8,99	-0,13	32449,9	180,1	648,5		0,97	0,14
80	180,1	648,5	3,80	911,0	79,7	1803,2	78,5	894,6	2894,6	13,8	1368,6	0,44	9,43	-0,13	31604,4	177,8	640,0		0,97	0,14
85	177,8	640,0	3,67	898,8	78,6	1881,9	78,3	972,9	2972,9	6,9	1375,4	0,44	9,87	-0,13	30765,3	175,4	631,4		0,97	0,14
90	175,4	631,4	3,54	886,1	77,5	1959,4	77,5	1050,5	3050,5	0,0	1375,4	0,44	10,32	-0,13	29944,3	173,0	623,0		0,96	0,14
95	173,0	623,0	3,41	873,7	76,4	2035,8	76,1	1126,6	3126,6	-6,7	1368,8	0,44	10,76	-0,13	29152,1	170,7	614,7		0,96	0,13
100	170,7	614,7	3,27	862,0	75,4	2111,2	74,3	1200,9	3200,9	-13,1	1355,7	0,44	11,20	-0,13	28398,4	168,5	606,7		0,96	0,13
105	168,5	606,7	3,14	851,4	74,5	2185,7	71,9	1272,8	3272,8	-19,3	1336,4	0,44	11,64	-0,13	27691,6	166,4	599,1		0,95	0,13
110	166,4	599,1	3,01	842,4	73,7	2259,4	69,3	1342,1	3342,1	-25,2	1311,2	0,44	12,08	-0,13	27039,5	164,4	592,0		0,94	0,13
115	164,4	592,0	2,88	835,6	73,1	2332,5	66,3	1408,3	3408,3	-30,9	1280,3	0,44	12,53	-0,13	26449,1	162,6	585,5		0,93	0,13
120	162,6	585,5	2,74	831,5	72,7	2405,3	63,0	1471,3	3471,3	-36,4	1243,9	0,45	12,98	-0,13	25926,8	161,0	579,7		0,91	0,12
125	161,0	579,7	2,61	830,6	72,7	2477,9	59,5	1530,9	3530,9	-41,7	1202,2	0,45	13,43	-0,14	25478,7	159,6	574,6		0,89	0,12
130	159,6	574,6	2,47	833,6	72,9	2550,9	55,9	1586,7	3586,7	-46,9	1155,4	0,46	13,88	-0,14	25110,9	158,5	570,5		0,86	0,11
135	158,5	570,5	2,34	841,2	73,6	2624,5	52,0	1638,8	3638,8	-52,0	1103,3	0,46	14,35	-0,14	24829,9	157,6	567,3		0,83	0,11
140	157,6	567,3	2,20	854,3	74,7	2699,2	48,0	1686,8	3686,8	-57,3	1046,1	0,47	14,82	-0,14	24642,9	157,0	565,1		0,79	0,10
145	157,0	565,1	2,05	874,2	76,5	2775,7	43,9	1730,7	3730,7	-62,7	983,4	0,49	15,31	-0,15	24558,5	156,7	564,2		0,75	0,09
150	156,7	564,2	1,91	902,4	79,0	2854,6	39,5	1770,2	3770,2	-68,4	915,0	0,50	15,81	-0,15	24587,3	156,8	564,5		0,70	0,08
155	156,8	564,5	1,76	941,1	82,3	2937,0	34,8	1805,0	3805,0	-74,6	840,4	0,53	16,34	-0,16	23913,0	154,6	556,7		0,65	0,07
160	154,6	556,7	1,60	960,0	84,0	3021,0	28,7	1833,7	3833,7	-78,9	761,5	0,54	16,88	-0,16	23366,2	152,9	550,3		0,61	0,07
165	152,9	550,3	1,44	991,4	86,7	3107,7	22,4	1856,1	3856,1	-83,8	677,7	0,57	17,45	-0,17	22950,0	151,5	545,4		0,56	0,06
170	151,5	545,4	1,27	1039,2	90,9	3198,6	15,8	1871,9	3871,9	-89,5	588,2	0,60	18,05	-0,18	22671,1	150,6	542,0		0,50	0,05
175	150,6	542,0	1,09	1109,8	97,1	3295,7	8,5	1880,4	3880,4	-96,7	491,4	0,64	18,69	-0,19	22541,9	150,1	540,5		0,44	0,05

180	150,1	540,5	0,89	1214,0	106,2	3401,9	0,0	1880,4	3880,4	-106,2	385,2	0,71	19,40	-0,21	22584,0	150,3	541,0		0,36	0,04
185	150,3	541,0	0,68	1373,0	120,1	3522,1	-10,5	1869,9	3869,9	-119,7	265,6	0,80	20,20	0,32	22835,9	151,1	544,0		0,28	0,03
190	151,1	544,0	1,00	1172,7	102,6	3624,7	-17,8	1852,1	3852,1	-101,0	164,5	0,68	20,88	0,27	23221,2	152,4	548,6		0,40	0,04
195	152,4	548,6	1,27	1057,8	92,5	3717,2	-24,0	1828,2	3828,2	-89,4	75,1	0,61	21,49	0,24	23717,9	154,0	554,4		0,50	0,05
200	154,0	554,4	1,51	985,0	86,2	3803,4	-29,5	1798,7	3798,7	-81,0	-5,8	0,56	22,05	0,22	24314,7	155,9	561,4		0,58	0,06
205	155,9	561,4	1,74	937,1	82,0	3885,4	-34,6	1764,0	3764,0	-74,3	-80,2	0,53	22,57	0,21	25004,7	158,1	569,3		0,65	0,07
210	158,1	569,3	1,95	905,5	79,2	3964,6	-39,6	1724,4	3724,4	-68,6	-148,8	0,50	23,07	0,20	25783,2	160,6	578,1		0,70	0,08
215	160,6	578,1	2,15	885,4	77,5	4042,0	-44,4	1680,0	3680,0	-63,5	-212,2	0,48	23,56	0,19	26647,0	163,2	587,7		0,75	0,09
220	163,2	587,7	2,34	873,9	76,5	4118,5	-49,1	1630,8	3630,8	-58,6	-270,8	0,47	24,02	0,19	27593,1	166,1	598,0		0,78	0,10
225	166,1	598,0	2,53	869,0	76,0	4194,5	-53,8	1577,1	3577,1	-53,8	-324,5	0,46	24,48	0,18	28618,6	169,2	609,0		0,81	0,10
230	169,2	609,0	2,71	869,4	76,1	4270,6	-58,3	1518,8	3518,8	-48,9	-373,4	0,45	24,93	0,18	29720,1	172,4	620,6		0,83	0,11
235	172,4	620,6	2,89	874,1	76,5	4347,1	-62,6	1456,2	3456,2	-43,9	-417,3	0,44	25,38	0,18	30893,6	175,8	632,8		0,85	0,11
240	175,8	632,8	3,07	882,1	77,2	4424,2	-66,8	1389,3	3389,3	-38,6	-455,9	0,44	25,81	0,18	32134,2	179,3	645,3		0,86	0,11
245	179,3	645,3	3,25	893,0	78,1	4502,4	-70,8	1318,5	3318,5	-33,0	-488,9	0,44	26,25	0,17	33435,9	182,9	658,3		0,87	0,11
250	182,9	658,3	3,42	906,0	79,3	4581,6	-74,5	1244,0	3244,0	-27,1	-516,0	0,43	26,68	0,17	34791,1	186,5	671,5		0,88	0,12
255	186,5	671,5	3,59	920,7	80,5	4662,2	-77,8	1166,2	3166,2	-20,8	-536,9	0,43	27,12	0,17	36191,2	190,2	684,9		0,88	0,12
260	190,2	684,9	3,77	936,4	81,9	4744,1	-80,7	1085,6	3085,6	-14,2	-551,1	0,43	27,55	0,17	37625,9	194,0	698,3		0,88	0,12
265	194,0	698,3	3,94	952,8	83,4	4827,5	-83,0	1002,5	3002,5	-7,3	-558,3	0,43	27,98	0,17	39083,3	197,7	711,7		0,87	0,11
270	197,7	711,7	4,11	969,3	84,8	4912,3	-84,8	917,7	2917,7	0,0	-558,3	0,43	28,40	0,17	40550,3	201,4	724,9		0,87	0,11
275	201,4	724,9	4,28	985,4	86,2	4998,5	-85,9	831,8	2831,8	7,5	-550,8	0,43	28,83	0,17	42012,5	205,0	737,9		0,87	0,11
280	205,0	737,9	4,45	1000,7	87,6	5086,0	-86,2	745,6	2745,6	15,2	-535,6	0,43	29,26	0,17	43454,2	208,5	750,4		0,86	0,11
285	208,5	750,4	4,62	1014,8	88,8	5174,8	-85,8	659,9	2659,9	23,0	-512,7	0,43	29,69	0,17	44859,2	211,8	762,5		0,86	0,11
290	211,8	762,5	4,79	1027,1	89,9	5264,7	-84,4	575,4	2575,4	30,7	-481,9	0,42	30,11	0,17	46211,0	215,0	773,9		0,85	0,11
295	215,0	773,9	4,96	1037,3	90,7	5355,4	-82,2	493,2	2493,2	38,4	-443,6	0,42	30,53	0,17	47493,0	217,9	784,5		0,85	0,11
300	217,9	784,5	5,13	1045,0	91,4	5446,8	-79,2	414,0	2414,0	45,7	-397,9	0,42	30,95	0,17	48689,1	220,7	794,4		0,85	0,11
305	220,7	794,4	5,30	1050,0	91,9	5538,7	-75,2	338,7	2338,7	52,7	-345,2	0,42	31,37	0,17	49784,4	223,1	803,2		0,85	0,11
310	223,1	803,2	5,47	1051,9	92,0	5630,7	-70,5	268,2	2268,2	59,2	-286,0	0,41	31,78	0,16	50765,2	225,3	811,1		0,85	0,11
315	225,3	811,1	5,63	1050,7	91,9	5722,7	-65,0	203,2	2203,2	65,0	-221,0	0,41	32,19	-0,22	51619,8	227,2	817,9		0,85	0,11
320	227,2	817,9	5,41	1133,6	99,2	5821,8	-63,8	139,5	2139,5	76,0	-145,0	0,44	32,63	-0,24	52398,3	228,9	824,1		0,80	0,10
325	228,9	824,1	5,17	1228,3	107,5	5929,3	-61,6	77,9	2077,9	88,0	-57,0	0,47	33,09	-0,26	53077,1	230,4	829,4		0,75	0,09
330	230,4	829,4	4,91	1338,1	117,1	6046,4	-58,5	19,3	2019,3	101,4	44,4	0,51	33,60	-0,28	54809,5	234,1	842,8		0,70	0,08
335	234,1	842,8	4,63	1500,4	131,3	6177,6	-55,5	-36,2	1963,8	119,0	163,4	0,56	34,16	-0,31	54745,6	234,0	842,3		0,63	0,07
340	234,0	842,3	4,32	1650,1	144,4	6322,0	-49,4	-85,5	1914,5	135,7	299,0	0,62	34,78	-0,34	54442,1	233,3	840,0		0,59	0,06
345	233,3	840,0	3,98	1839,9	161,0	6483,0	-41,7	-127,2	1872,8	155,5	454,5	0,69	35,47	-0,38	53843,0	232,0	835,3		0,54	0,06
350	232,0	835,3	3,60	2096,5	183,4	6666,4	-31,9	-159,0	1841,0	180,6	635,1	0,79	36,26	-0,43	52866,4	229,9	827,7		0,50	0,05
355	229,9	827,7	3,17	2481,3	217,1	6883,5	-18,9	-178,0	1822,0	216,3	851,4	0,94	37,21	-0,52	51373,1	226,7	816,0		0,44	0,05
360	226,7	816,0	2,65	3176,2	277,9	7161,4	0,0	-178,0	1822,0	277,9	1129,3	1,23	38,43	-0,67	49053,8	221,5	797,3		0,38	0,04

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	Σ ΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	212,5	765,0	2,65	2789,7	244,1	244,1	0,0	0,0	2000,0	244,1	244,1	1,15	1,15	0,40	46930,6	216,6	779,9		0,37	0,04
5	216,6	779,9	3,05	2327,0	203,6	447,7	17,7	17,7	2017,7	202,8	446,9	0,94	2,09	0,33	48016,6	219,1	788,9		0,41	0,05
10	219,1	788,9	3,38	2042,7	178,7	626,4	31,0	48,8	2048,8	176,0	622,9	0,82	2,90	0,29	48644,3	220,6	794,0		0,45	0,05
15	220,6	794,0	3,67	1836,2	160,6	787,0	41,6	90,4	2090,4	155,2	778,1	0,73	3,63	0,25	48931,0	221,2	796,3		0,48	0,06
20	221,2	796,3	3,92	1672,9	146,4	933,4	50,1	140,4	2140,4	137,5	915,6	0,66	4,29	0,23	48952,6	221,3	796,5		0,52	0,06
25	221,3	796,5	4,15	1537,0	134,5	1067,9	56,8	197,2	2197,2	121,9	1037,5	0,61	4,90	0,21	48764,3	220,8	795,0		0,55	0,07
30	220,8	795,0	4,37	1420,4	124,3	1192,1	62,1	259,4	2259,4	107,6	1145,1	0,56	5,46	0,20	48409,7	220,0	792,1		0,58	0,07
35	220,0	792,1	4,56	1318,2	115,3	1307,5	66,2	325,5	2325,5	94,5	1239,6	0,52	5,99	0,18	47924,3	218,9	788,1		0,62	0,08
40	218,9	788,1	4,75	1227,5	107,4	1414,8	69,0	394,6	2394,6	82,3	1321,8	0,49	6,48	0,17	47337,8	217,6	783,3		0,65	0,09
45	217,6	783,3	4,92	1146,0	100,3	1515,1	70,9	465,5	2465,5	70,9	1392,7	0,46	6,94	-0,14	46675,6	216,0	777,8		0,69	0,09
50	216,0	777,8	4,78	1150,2	100,6	1615,7	77,1	542,5	2542,5	64,7	1457,4	0,47	7,41	-0,14	45907,9	214,3	771,3		0,69	0,09
55	214,3	771,3	4,64	1150,9	100,7	1716,4	82,5	625,0	2625,0	57,8	1515,2	0,47	7,88	-0,14	45049,4	212,2	764,1		0,68	0,09
60	212,2	764,1	4,50	1148,4	100,5	1816,9	87,0	712,0	2712,0	50,2	1565,4	0,47	8,35	-0,14	44116,1	210,0	756,1		0,68	0,09
65	210,0	756,1	4,36	1143,1	100,0	1916,9	90,6	802,7	2802,7	42,3	1607,7	0,48	8,83	-0,14	43124,9	207,7	747,6		0,68	0,09
70	207,7	747,6	4,21	1135,4	99,3	2016,2	93,3	896,0	2896,0	34,0	1641,6	0,48	9,30	-0,14	42092,4	205,2	738,6		0,68	0,09
75	205,2	738,6	4,07	1125,7	98,5	2114,7	95,1	991,1	2991,1	25,5	1667,1	0,48	9,78	-0,14	41035,2	202,6	729,3		0,68	0,09
80	202,6	729,3	3,93	1114,6	97,5	2212,2	96,0	1087,2	3087,2	16,9	1684,1	0,48	10,27	-0,14	39969,6	199,9	719,7		0,68	0,09
85	199,9	719,7	3,78	1102,7	96,5	2308,7	96,1	1183,3	3183,3	8,4	1692,5	0,48	10,75	-0,14	38910,6	197,3	710,1		0,68	0,09
90	197,3	710,1	3,64	1090,5	95,4	2404,1	95,4	1278,7	3278,7	0,0	1692,5	0,48	11,23	-0,15	37872,5	194,6	700,6		0,68	0,09
95	194,6	700,6	3,49	1078,6	94,4	2498,5	94,0	1372,7	3372,7	-8,2	1684,2	0,48	11,72	-0,15	36868,4	192,0	691,2		0,67	0,09
100	192,0	691,2	3,35	1067,6	93,4	2591,9	92,0	1464,7	3464,7	-16,2	1668,0	0,49	12,20	-0,15	35910,0	189,5	682,2		0,67	0,09
105	189,5	682,2	3,20	1058,1	92,6	2684,5	89,4	1554,1	3554,1	-24,0	1644,1	0,49	12,69	-0,15	35008,2	187,1	673,6		0,66	0,09
110	187,1	673,6	3,05	1050,8	91,9	2776,4	86,4	1640,5	3640,5	-31,4	1612,6	0,49	13,18	-0,15	34172,7	184,9	665,5		0,65	0,09
115	184,9	665,5	2,91	1046,3	91,5	2867,9	83,0	1723,5	3723,5	-38,7	1573,9	0,50	13,68	-0,15	33412,4	182,8	658,0		0,64	0,09
120	182,8	658,0	2,76	1045,3	91,5	2959,4	79,2	1802,7	3802,7	-45,7	1528,2	0,50	14,18	-0,15	32735,6	180,9	651,3		0,63	0,08
125	180,9	651,3	2,61	1048,8	91,8	3051,2	75,2	1877,8	3877,8	-52,6	1475,6	0,51	14,69	-0,15	32150,5	179,3	645,5		0,61	0,08
130	179,3	645,5	2,46	1057,6	92,5	3143,7	70,9	1948,7	3948,7	-59,5	1416,1	0,52	15,20	-0,15	31665,3	177,9	640,6		0,59	0,08
135	177,9	640,6	2,30	1073,0	93,9	3237,6	66,4	2015,1	4015,1	-66,4	1349,7	0,53	15,73	-0,16	31288,9	176,9	636,8		0,57	0,07
140	176,9	636,8	2,14	1096,4	95,9	3333,5	61,7	2076,7	4076,7	-73,5	1276,2	0,54	16,27	-0,16	31031,3	176,2	634,2		0,54	0,07
145	176,2	634,2	1,98	1130,0	98,9	3432,3	56,7	2133,4	4133,4	-81,0	1195,3	0,56	16,83	-0,17	30904,8	175,8	632,9		0,50	0,06
150	175,8	632,9	1,81	1176,4	102,9	3535,3	51,5	2184,9	4184,9	-89,1	1106,1	0,59	17,42	-0,18	30924,9	175,9	633,1		0,47	0,06
155	175,9	633,1	1,64	1239,9	108,5	3643,7	45,8	2230,8	4230,8	-98,3	1007,8	0,62	18,03	-0,19	30030,5	173,3	623,9		0,42	0,05
160	173,3	623,9	1,45	1280,4	112,0	3755,8	38,3	2269,1	4269,1	-105,3	902,5	0,65	18,68	-0,19	29296,1	171,2	616,2		0,39	0,04
165	171,2	616,2	1,26	1343,3	117,5	3873,3	30,4	2299,5	4299,5	-113,5	789,0	0,69	19,37	-0,21	28727,7	169,5	610,2		0,35	0,04
170	169,5	610,2	1,05	1438,3	125,8	3999,1	21,9	2321,3	4321,3	-123,9	665,1	0,74	20,11	-0,22	28337,8	168,3	606,0		0,30	0,04
175	168,3	606,0	0,83	1583,1	138,5	4137,6	12,1	2333,4	4333,4	-138,0	527,1	0,82	20,93	-0,25	28149,9	167,8	604,0		0,24	0,03

180	167,8	604,0	0,58	1814,2	158,7	4296,4	0,0	2333,4	4333,4	-158,7	368,4	0,95	21,88	-0,28	28209,1	168,0	604,6		0,17	0,03
185	168,0	604,6	0,30	2222,2	194,4	4490,8	-16,9	2316,5	4316,5	-193,7	174,7	1,16	23,04	0,46	28611,9	169,2	608,9		0,09	0,02
190	169,2	608,9	0,76	1670,8	146,2	4636,9	-25,4	2291,1	4291,1	-144,0	30,8	0,86	23,90	0,35	29155,3	170,7	614,7		0,21	0,03
195	170,7	614,7	1,11	1434,1	125,5	4762,4	-32,5	2258,6	4258,6	-121,2	-90,4	0,73	24,64	0,29	29823,0	172,7	621,7		0,30	0,04
200	172,7	621,7	1,40	1299,1	113,7	4876,1	-38,9	2219,7	4219,7	-106,8	-197,2	0,66	25,29	0,26	30603,8	174,9	629,8		0,37	0,04
205	174,9	629,8	1,66	1213,9	106,2	4982,3	-44,9	2174,9	4174,9	-96,3	-293,5	0,61	25,90	0,24	31490,9	177,5	638,8		0,43	0,05
210	177,5	638,8	1,91	1157,8	101,3	5083,6	-50,6	2124,2	4124,2	-87,7	-381,2	0,57	26,47	0,23	32479,4	180,2	648,8		0,48	0,06
215	180,2	648,8	2,13	1120,8	98,1	5181,6	-56,2	2068,0	4068,0	-80,3	-461,5	0,54	27,02	0,22	33565,4	183,2	659,6		0,52	0,06
220	183,2	659,6	2,35	1097,2	96,0	5277,6	-61,7	2006,3	4006,3	-73,5	-535,1	0,52	27,54	0,21	34745,4	186,4	671,0		0,55	0,07
225	186,4	671,0	2,56	1083,4	94,8	5372,4	-67,0	1939,2	3939,2	-67,0	-602,1	0,51	28,05	0,20	36015,5	189,8	683,2		0,57	0,07
230	189,8	683,2	2,77	1077,2	94,2	5466,6	-72,2	1867,0	3867,0	-60,6	-662,7	0,50	28,54	0,20	37371,4	193,3	695,9		0,59	0,08
235	193,3	695,9	2,96	1076,8	94,2	5560,8	-77,2	1789,9	3789,9	-54,0	-716,7	0,49	29,03	0,19	38807,7	197,0	709,2		0,60	0,08
240	197,0	709,2	3,16	1081,1	94,6	5655,4	-81,9	1708,0	3708,0	-47,3	-764,0	0,48	29,51	0,19	40318,2	200,8	722,9		0,62	0,08
245	200,8	722,9	3,35	1089,1	95,3	5750,7	-86,4	1621,6	3621,6	-40,3	-804,3	0,47	29,99	0,19	41895,1	204,7	736,9		0,62	0,08
250	204,7	736,9	3,54	1099,9	96,2	5846,9	-90,4	1531,2	3531,2	-32,9	-837,2	0,47	30,46	0,19	43529,1	208,6	751,1		0,63	0,08
255	208,6	751,1	3,73	1112,7	97,3	5944,3	-94,0	1437,1	3437,1	-25,2	-862,4	0,47	30,92	0,19	45209,4	212,6	765,5		0,63	0,08
260	212,6	765,5	3,92	1127,0	98,6	6042,9	-97,1	1340,0	3340,0	-17,1	-879,5	0,46	31,39	0,19	46923,5	216,6	779,8		0,63	0,08
265	216,6	779,8	4,10	1142,1	99,9	6142,8	-99,5	1240,5	3240,5	-8,7	-888,2	0,46	31,85	0,18	48657,2	220,6	794,1		0,63	0,08
270	220,6	794,1	4,29	1157,4	101,3	6244,1	-101,3	1139,3	3139,3	0,0	-888,2	0,46	32,31	0,18	50395,0	224,5	808,2		0,63	0,08
275	224,5	808,2	4,47	1172,3	102,6	6346,6	-102,2	1037,1	3037,1	8,9	-879,3	0,46	32,76	0,18	52119,9	228,3	821,9		0,63	0,08
280	228,3	821,9	4,65	1186,4	103,8	6450,4	-102,2	934,9	2934,9	18,0	-861,2	0,45	33,22	0,18	53813,9	232,0	835,1		0,62	0,08
285	232,0	835,1	4,83	1199,0	104,9	6555,3	-101,3	833,5	2833,5	27,2	-834,1	0,45	33,67	0,18	55458,4	235,5	847,8		0,62	0,08
290	235,5	847,8	5,01	1209,9	105,8	6661,2	-99,5	734,1	2734,1	36,2	-797,9	0,45	34,12	0,18	57034,5	238,8	859,7		0,62	0,08
295	238,8	859,7	5,19	1218,4	106,6	6767,8	-96,6	637,5	2637,5	45,0	-752,8	0,45	34,57	0,18	58523,6	241,9	870,9		0,62	0,08
300	241,9	870,9	5,37	1224,2	107,1	6874,9	-92,8	544,7	2544,7	53,6	-699,3	0,44	35,01	0,18	59907,7	244,8	881,1		0,62	0,08
305	244,8	881,1	5,55	1227,1	107,4	6982,2	-87,9	456,8	2456,8	61,6	-637,7	0,44	35,45	0,18	61170,4	247,3	890,4		0,62	0,08
310	247,3	890,4	5,73	1226,8	107,3	7089,6	-82,2	374,5	2374,5	69,0	-568,7	0,43	35,88	0,17	62296,6	249,6	898,5		0,62	0,08
315	249,6	898,5	5,90	1223,1	107,0	7196,6	-75,7	298,9	2298,9	75,7	-493,0	0,43	36,31	-0,24	63273,5	251,5	905,6		0,62	0,08
320	251,5	905,6	5,66	1317,0	115,2	7311,8	-74,1	224,8	2224,8	88,3	-404,8	0,46	36,77	-0,25	64158,4	253,3	911,9		0,58	0,07
325	253,3	911,9	5,41	1424,2	124,6	7436,4	-71,5	153,3	2153,3	102,1	-302,7	0,49	37,26	-0,27	64924,2	254,8	917,3		0,54	0,07
330	254,8	917,3	5,14	1548,2	135,4	7571,8	-67,7	85,6	2085,6	117,3	-185,4	0,53	37,79	-0,29	66890,3	258,6	931,1		0,51	0,06
335	258,6	931,1	4,85	1729,6	151,3	7723,2	-64,0	21,7	2021,7	137,1	-48,3	0,59	38,38	-0,32	66796,9	258,5	930,4		0,46	0,05
340	258,5	930,4	4,53	1898,3	166,1	7889,2	-56,8	-35,1	1964,9	156,1	107,8	0,64	39,02	-0,35	66425,4	257,7	927,8		0,43	0,05
345	257,7	927,8	4,17	2111,2	184,7	8073,9	-47,8	-82,9	1917,1	178,4	286,2	0,72	39,74	-0,39	65712,1	256,3	922,8		0,40	0,05
350	256,3	922,8	3,78	2397,2	209,7	8283,7	-36,4	-119,4	1880,6	206,5	492,8	0,82	40,55	-0,45	64564,9	254,1	914,7		0,36	0,04
355	254,1	914,7	3,33	2821,1	246,8	8530,5	-21,5	-140,9	1859,1	245,9	738,6	0,97	41,53	-0,53	62829,7	250,7	902,4		0,32	0,04
360	250,7	902,4	2,79	3568,3	312,2	8842,7	0,0	-140,9	1859,1	312,2	1050,8	1,25	42,77	-0,69	60174,3	245,3	883,1		0,28	0,03

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	Σ ΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	187,5	675,0	2,65	2171,9	190,0	190,0	0,0	0,0	2000,0	190,0	190,0	1,01	1,01	0,35	36623,5	191,4	688,9		0,64	0,05
5	191,4	688,9	3,00	1858,7	162,6	352,6	14,2	14,2	2014,2	162,0	352,0	0,85	1,86	0,30	37573,2	193,8	697,8		0,70	0,06
10	193,8	697,8	3,30	1652,8	144,6	497,2	25,1	39,3	2039,3	142,4	494,4	0,75	2,61	0,26	38157,4	195,3	703,2		0,75	0,06
15	195,3	703,2	3,56	1497,6	131,0	628,3	33,9	73,2	2073,2	126,6	621,0	0,67	3,28	0,23	38460,7	196,1	706,0		0,80	0,07
20	196,1	706,0	3,80	1371,7	120,0	748,3	41,0	114,2	2114,2	112,8	733,7	0,61	3,89	0,21	38540,5	196,3	706,7		0,85	0,08
25	196,3	706,7	4,01	1264,9	110,7	858,9	46,8	161,0	2161,0	100,3	834,0	0,56	4,46	0,20	38440,4	196,1	705,8		0,90	0,08
30	196,1	705,8	4,21	1172,0	102,5	961,5	51,3	212,3	2212,3	88,8	922,8	0,52	4,98	0,18	38195,7	195,4	703,6		0,95	0,09
35	195,4	703,6	4,39	1089,6	95,3	1056,8	54,7	267,0	2267,0	78,1	1000,9	0,49	5,47	0,17	37835,6	194,5	700,2		1,01	0,10
40	194,5	700,2	4,56	1015,7	88,9	1145,7	57,1	324,1	2324,1	68,1	1069,0	0,46	5,92	0,16	37385,4	193,4	696,1		1,06	0,11
45	193,4	696,1	4,72	948,9	83,0	1228,7	58,7	382,8	2382,8	58,7	1127,7	0,43	6,35	-0,13	36866,5	192,0	691,2		1,12	0,11
50	192,0	691,2	4,59	951,0	83,2	1311,9	63,7	446,5	2446,5	53,5	1181,2	0,43	6,79	-0,13	36257,6	190,4	685,5		1,11	0,11
55	190,4	685,5	4,46	950,0	83,1	1395,0	68,1	514,6	2514,6	47,7	1228,9	0,44	7,22	-0,13	35571,0	188,6	679,0		1,11	0,11
60	188,6	679,0	4,33	945,9	82,8	1477,8	71,7	586,3	2586,3	41,4	1270,2	0,44	7,66	-0,13	34820,2	186,6	671,8		1,10	0,11
65	186,6	671,8	4,20	939,2	82,2	1559,9	74,5	660,7	2660,7	34,7	1305,0	0,44	8,10	-0,13	34019,2	184,4	664,0		1,10	0,11
70	184,4	664,0	4,07	930,3	81,4	1641,3	76,5	737,2	2737,2	27,8	1332,8	0,44	8,54	-0,13	33182,4	182,2	655,8		1,10	0,11
75	182,2	655,8	3,94	919,6	80,5	1721,8	77,7	814,9	2814,9	20,8	1353,6	0,44	8,98	-0,13	32323,7	179,8	647,2		1,10	0,11
80	179,8	647,2	3,80	907,4	79,4	1801,2	78,2	893,1	2893,1	13,8	1367,4	0,44	9,43	-0,13	31456,8	177,4	638,5		1,10	0,11
85	177,4	638,5	3,67	894,4	78,3	1879,4	78,0	971,1	2971,1	6,8	1374,2	0,44	9,87	-0,13	30594,5	174,9	629,7		1,10	0,11
90	174,9	629,7	3,54	881,0	77,1	1956,5	77,1	1048,2	3048,2	0,0	1374,2	0,44	10,31	-0,13	29748,6	172,5	620,9		1,10	0,11
95	172,5	620,9	3,41	867,7	75,9	2032,4	75,6	1123,8	3123,8	-6,6	1367,6	0,44	10,75	-0,13	28930,1	170,1	612,3		1,09	0,11
100	170,1	612,3	3,28	855,0	74,8	2107,2	73,7	1197,4	3197,4	-13,0	1354,6	0,44	11,19	-0,13	28148,7	167,8	604,0		1,09	0,11
105	167,8	604,0	3,14	843,3	73,8	2181,0	71,3	1268,7	3268,7	-19,1	1335,5	0,44	11,63	-0,13	27413,1	165,6	596,0		1,08	0,11
110	165,6	596,0	3,01	833,2	72,9	2253,9	68,5	1337,2	3337,2	-24,9	1310,6	0,44	12,07	-0,13	26731,0	163,5	588,6		1,07	0,11
115	163,5	588,6	2,88	825,1	72,2	2326,1	65,4	1402,6	3402,6	-30,5	1280,1	0,44	12,51	-0,13	26109,3	161,6	581,7		1,06	0,10
120	161,6	581,7	2,75	819,6	71,7	2397,8	62,1	1464,7	3464,7	-35,9	1244,2	0,44	12,95	-0,13	25554,5	159,9	575,5		1,04	0,10
125	159,9	575,5	2,61	817,2	71,5	2469,3	58,6	1523,3	3523,3	-41,0	1203,2	0,45	13,40	-0,13	25072,2	158,3	570,0		1,02	0,10
130	158,3	570,0	2,48	818,4	71,6	2540,9	54,9	1578,2	3578,2	-46,0	1157,2	0,45	13,85	-0,14	24668,5	157,1	565,4		0,99	0,09
135	157,1	565,4	2,34	824,1	72,1	2613,0	51,0	1629,1	3629,1	-51,0	1106,2	0,46	14,31	-0,14	24349,4	156,0	561,8		0,96	0,09
140	156,0	561,8	2,21	835,0	73,1	2686,0	47,0	1676,1	3676,1	-56,0	1050,3	0,47	14,78	-0,14	24121,4	155,3	559,1		0,92	0,08
145	155,3	559,1	2,07	852,2	74,6	2760,6	42,8	1718,9	3718,9	-61,1	989,2	0,48	15,26	-0,14	23992,6	154,9	557,6		0,87	0,08
150	154,9	557,6	1,92	877,2	76,7	2837,3	38,4	1757,2	3757,2	-66,5	922,7	0,50	15,76	-0,15	23972,5	154,8	557,4		0,82	0,07
155	154,8	557,4	1,77	911,9	79,8	2917,1	33,7	1790,9	3790,9	-72,3	850,4	0,52	16,27	-0,15	23357,5	152,8	550,2		0,76	0,06
160	152,8	550,2	1,62	930,6	81,4	2998,5	27,8	1818,8	3818,8	-76,5	773,9	0,53	16,80	-0,16	22864,3	151,2	544,4		0,71	0,06
165	151,2	544,4	1,46	961,1	84,1	3082,6	21,8	1840,6	3840,6	-81,2	692,7	0,56	17,36	-0,17	22496,7	150,0	540,0		0,66	0,05
170	150,0	540,0	1,29	1007,1	88,1	3170,7	15,3	1855,9	3855,9	-86,8	605,9	0,59	17,95	-0,18	22262,3	149,2	537,1		0,59	0,05
175	149,2	537,1	1,12	1074,4	94,0	3264,7	8,2	1864,0	3864,0	-93,6	512,3	0,63	18,58	-0,19	22174,2	148,9	536,1		0,52	0,04

180	148,9	536,1	0,93	1173,0	102,6	3367,4	0,0	1864,0	3864,0	-102,6	409,7	0,69	19,27	-0,21	22254,3	149,2	537,0		0,43	0,04
185	149,2	537,0	0,72	1321,7	115,6	3483,0	-10,1	1854,0	3854,0	-115,2	294,5	0,78	20,04	0,31	22541,2	150,1	540,5		0,33	0,03
190	150,1	540,5	1,03	1140,3	99,8	3582,8	-17,3	1836,6	3836,6	-98,2	196,2	0,66	20,71	0,27	22954,7	151,5	545,4		0,47	0,04
195	151,5	545,4	1,30	1034,5	90,5	3673,3	-23,4	1813,2	3813,2	-87,4	108,8	0,60	21,30	0,24	23476,8	153,2	551,6		0,58	0,05
200	153,2	551,6	1,54	967,0	84,6	3757,9	-28,9	1784,3	3784,3	-79,5	29,3	0,55	21,86	0,22	24098,0	155,2	558,8		0,67	0,06
205	155,2	558,8	1,76	922,7	80,7	3838,6	-34,1	1750,2	3750,2	-73,2	-43,9	0,52	22,38	0,21	24812,6	157,5	567,1		0,74	0,06
210	157,5	567,1	1,96	893,8	78,2	3916,8	-39,1	1711,1	3711,1	-67,7	-111,6	0,50	22,87	0,20	25617,1	160,1	576,2		0,80	0,07
215	160,1	576,2	2,16	875,8	76,6	3993,4	-43,9	1667,1	3667,1	-62,8	-174,4	0,48	23,35	0,19	26508,8	162,8	586,1		0,85	0,08
220	162,8	586,1	2,35	866,1	75,8	4069,2	-48,7	1618,4	3618,4	-58,0	-232,4	0,47	23,82	0,19	27485,7	165,8	596,8		0,89	0,08
225	165,8	596,8	2,54	862,8	75,5	4144,7	-53,4	1565,0	3565,0	-53,4	-285,8	0,46	24,27	0,18	28545,4	169,0	608,2		0,92	0,09
230	169,0	608,2	2,72	864,7	75,7	4220,3	-58,0	1507,1	3507,1	-48,6	-334,4	0,45	24,72	0,18	29685,2	172,3	620,3		0,95	0,09
235	172,3	620,3	2,90	870,8	76,2	4296,5	-62,4	1444,7	3444,7	-43,7	-378,1	0,44	25,16	0,18	30902,0	175,8	632,8		0,97	0,09
240	175,8	632,8	3,08	880,3	77,0	4373,5	-66,7	1378,0	3378,0	-38,5	-416,6	0,44	25,60	0,18	32191,5	179,4	645,9		0,98	0,09
245	179,4	645,9	3,25	892,7	78,1	4451,6	-70,8	1307,2	3307,2	-33,0	-449,6	0,44	26,03	0,17	33548,2	183,2	659,4		0,98	0,09
250	183,2	659,4	3,43	907,2	79,4	4531,0	-74,6	1232,6	3232,6	-27,1	-476,8	0,43	26,47	0,17	34965,4	187,0	673,2		0,99	0,09
255	187,0	673,2	3,60	923,4	80,8	4611,8	-78,0	1154,6	3154,6	-20,9	-497,7	0,43	26,90	0,17	36434,9	190,9	687,2		0,99	0,09
260	190,9	687,2	3,77	940,9	82,3	4694,1	-81,1	1073,5	3073,5	-14,3	-512,0	0,43	27,33	0,17	37947,0	194,8	701,3		0,98	0,09
265	194,8	701,3	3,95	959,0	83,9	4778,0	-83,6	989,9	2989,9	-7,3	-519,3	0,43	27,76	0,17	39490,3	198,7	715,4		0,98	0,09
270	198,7	715,4	4,12	977,4	85,5	4863,5	-85,5	904,4	2904,4	0,0	-519,3	0,43	28,19	0,17	41051,9	202,6	729,4		0,97	0,09
275	202,6	729,4	4,29	995,5	87,1	4950,6	-86,8	817,6	2817,6	7,6	-511,7	0,43	28,62	0,17	42617,4	206,4	743,2		0,97	0,09
280	206,4	743,2	4,46	1012,9	88,6	5039,2	-87,3	730,4	2730,4	15,4	-496,3	0,43	29,05	0,17	44171,2	210,2	756,6		0,96	0,09
285	210,2	756,6	4,63	1029,1	90,0	5129,3	-87,0	643,4	2643,4	23,3	-473,0	0,43	29,48	0,17	45696,8	213,8	769,6		0,95	0,09
290	213,8	769,6	4,81	1043,6	91,3	5220,6	-85,8	557,6	2557,6	31,2	-441,8	0,43	29,91	0,17	47177,1	217,2	781,9		0,95	0,09
295	217,2	781,9	4,98	1056,0	92,4	5313,0	-83,7	473,9	2473,9	39,0	-402,7	0,43	30,33	0,17	48594,6	220,4	793,6		0,94	0,09
300	220,4	793,6	5,15	1066,1	93,3	5406,2	-80,8	393,1	2393,1	46,6	-356,1	0,42	30,76	0,17	49932,3	223,5	804,4		0,94	0,09
305	223,5	804,4	5,32	1073,3	93,9	5500,1	-76,9	316,2	2316,2	53,9	-302,2	0,42	31,18	0,17	51173,9	226,2	814,4		0,94	0,09
310	226,2	814,4	5,48	1077,5	94,3	5594,4	-72,2	244,0	2244,0	60,6	-241,6	0,42	31,59	0,17	52304,3	228,7	823,3		0,94	0,09
315	228,7	823,3	5,65	1078,5	94,4	5688,8	-66,7	177,2	2177,2	66,7	-174,9	0,41	32,00	-0,23	53310,2	230,9	831,2		0,94	0,09
320	230,9	831,2	5,42	1166,7	102,1	5790,8	-65,6	111,6	2111,6	78,2	-96,7	0,44	32,45	-0,24	54253,0	232,9	838,5		0,88	0,08
325	232,9	838,5	5,18	1268,0	110,9	5901,8	-63,6	48,0	2048,0	90,9	-5,9	0,48	32,92	-0,26	55109,9	234,8	845,1		0,82	0,07
330	234,8	845,1	4,92	1386,2	121,3	6023,0	-60,6	-12,6	1987,4	105,0	99,2	0,52	33,44	-0,28	56942,7	238,6	859,1		0,76	0,06
335	238,6	859,1	4,63	1556,9	136,2	6159,3	-57,6	-70,2	1929,8	123,5	222,6	0,57	34,01	-0,31	57128,7	239,0	860,5		0,69	0,06
340	239,0	860,5	4,32	1722,5	150,7	6310,0	-51,5	-121,7	1878,3	141,6	364,2	0,63	34,64	-0,35	57087,4	238,9	860,1		0,64	0,05
345	238,9	860,1	3,97	1934,7	169,3	6479,2	-43,8	-165,5	1834,5	163,5	527,7	0,71	35,35	-0,39	56760,3	238,2	857,7		0,58	0,05
350	238,2	857,7	3,58	2225,9	194,7	6674,0	-33,8	-199,4	1800,6	191,8	719,5	0,82	36,17	-0,45	56061,7	236,8	852,4		0,53	0,04
355	236,8	852,4	3,13	2672,5	233,8	6907,8	-20,4	-219,7	1780,3	232,9	952,4	0,99	37,15	-0,54	54843,1	234,2	843,1		0,47	0,04
360	234,2	843,1	2,59	3512,8	307,3	7215,1	0,0	-219,7	1780,3	307,3	1259,8	1,31	38,47	-0,72	52762,0	229,7	826,9		0,39	0,03

kat	V [ms]	V [km/h]	nz	R	ΔS	S	ΔH	Σ ΔH	H	ΔS(x)	S(x)	Δt	t	Δnz	V(2)^2	V(2)	V(2) [km]		Cz(nz)	Cx(nz)
0	187,5	675,0	2,65	2171,9	190,0	190,0	0,0	0,0	2000,0	190,0	190,0	1,01	1,01	0,35	37170,0	192,8	694,1		0,52	0,05
5	192,8	694,1	3,00	1886,5	165,0	355,1	14,4	14,4	2014,4	164,4	354,4	0,86	1,87	0,30	38586,6	196,4	707,2		0,56	0,06
10	196,4	707,2	3,30	1695,8	148,4	503,4	25,8	40,1	2040,1	146,1	500,5	0,76	2,62	0,26	39577,8	198,9	716,2		0,59	0,06
15	198,9	716,2	3,57	1550,1	135,6	639,0	35,1	75,2	2075,2	131,0	631,5	0,68	3,31	0,24	40239,3	200,6	722,2		0,63	0,07
20	200,6	722,2	3,81	1430,4	125,1	764,2	42,8	118,0	2118,0	117,6	749,1	0,62	3,93	0,22	40636,0	201,6	725,7		0,66	0,07
25	201,6	725,7	4,03	1328,0	116,2	880,4	49,1	167,1	2167,1	105,3	854,4	0,58	4,51	0,20	40817,0	202,0	727,3		0,70	0,08
30	202,0	727,3	4,23	1237,8	108,3	988,7	54,1	221,3	2221,3	93,8	948,2	0,54	5,04	0,19	40822,1	202,0	727,4		0,73	0,09
35	202,0	727,4	4,41	1157,3	101,2	1089,9	58,1	279,4	2279,4	82,9	1031,2	0,50	5,54	0,18	40684,3	201,7	726,1		0,77	0,09
40	201,7	726,1	4,59	1084,4	94,9	1184,8	61,0	340,4	2340,4	72,7	1103,8	0,47	6,01	0,16	40431,9	201,1	723,9		0,81	0,10
45	201,1	723,9	4,75	1018,2	89,1	1273,9	63,0	403,3	2403,3	63,0	1166,8	0,44	6,46	-0,13	40089,3	200,2	720,8		0,85	0,11
50	200,2	720,8	4,62	1027,0	89,8	1363,7	68,8	472,2	2472,2	57,8	1224,6	0,45	6,91	-0,13	39648,3	199,1	716,8		0,83	0,11
55	199,1	716,8	4,49	1032,6	90,3	1454,1	74,0	546,2	2546,2	51,8	1276,4	0,45	7,36	-0,14	39120,5	197,8	712,0		0,83	0,10
60	197,8	712,0	4,35	1035,4	90,6	1544,7	78,5	624,6	2624,6	45,3	1321,7	0,46	7,82	-0,14	38519,3	196,3	706,5		0,82	0,10
65	196,3	706,5	4,21	1035,7	90,6	1635,3	82,1	706,8	2706,8	38,3	1360,0	0,46	8,28	-0,14	37858,5	194,6	700,5		0,81	0,10
70	194,6	700,5	4,08	1033,7	90,4	1725,7	85,0	791,7	2791,7	30,9	1390,9	0,46	8,74	-0,14	37152,7	192,8	693,9		0,81	0,10
75	192,8	693,9	3,94	1029,9	90,1	1815,8	87,0	878,8	2878,8	23,3	1414,2	0,47	9,21	-0,14	36416,5	190,8	687,0		0,80	0,10
80	190,8	687,0	3,80	1024,9	89,7	1905,5	88,3	967,1	2967,1	15,6	1429,8	0,47	9,68	-0,14	35664,3	188,9	679,9		0,79	0,10
85	188,9	679,9	3,65	1019,0	89,2	1994,6	88,8	1055,9	3055,9	7,8	1437,6	0,47	10,15	-0,14	34910,1	186,8	672,6		0,79	0,10
90	186,8	672,6	3,51	1012,9	88,6	2083,2	88,6	1144,5	3144,5	0,0	1437,6	0,47	10,63	-0,14	34167,0	184,8	665,4		0,78	0,10
95	184,8	665,4	3,37	1007,2	88,1	2171,4	87,8	1232,3	3232,3	-7,7	1429,9	0,48	11,10	-0,14	33447,6	182,9	658,4		0,77	0,09
100	182,9	658,4	3,23	1002,4	87,7	2259,1	86,4	1318,7	3318,7	-15,2	1414,7	0,48	11,58	-0,14	32763,4	181,0	651,6		0,76	0,09
105	181,0	651,6	3,08	999,1	87,4	2346,5	84,4	1403,1	3403,1	-22,6	1392,0	0,48	12,07	-0,14	32125,4	179,2	645,2		0,75	0,09
110	179,2	645,2	2,94	998,1	87,3	2433,8	82,1	1485,1	3485,1	-29,9	1362,2	0,49	12,55	-0,15	31543,7	177,6	639,4		0,74	0,09
115	177,6	639,4	2,79	1000,0	87,5	2521,3	79,3	1564,4	3564,4	-37,0	1325,2	0,49	13,05	-0,15	31028,1	176,1	634,1		0,72	0,08
120	176,1	634,1	2,65	1005,6	88,0	2609,3	76,2	1640,6	3640,6	-44,0	1281,2	0,50	13,55	-0,15	30588,0	174,9	629,6		0,70	0,08
125	174,9	629,6	2,50	1016,0	88,9	2698,1	72,8	1713,4	3713,4	-51,0	1230,2	0,51	14,05	-0,15	30233,0	173,9	626,0		0,67	0,08
130	173,9	626,0	2,34	1032,2	90,3	2788,4	69,2	1782,6	3782,6	-58,0	1172,2	0,52	14,57	-0,16	29973,1	173,1	623,3		0,64	0,07
135	173,1	623,3	2,19	1055,7	92,4	2880,8	65,3	1847,9	3847,9	-65,3	1106,9	0,53	15,11	-0,16	29819,7	172,7	621,7		0,61	0,07
140	172,7	621,7	2,03	1088,3	95,2	2976,0	61,2	1909,1	3909,1	-72,9	1033,9	0,55	15,66	-0,17	29786,0	172,6	621,3		0,57	0,06
145	172,6	621,3	1,86	1132,6	99,1	3075,1	56,8	1966,0	3966,0	-81,2	952,8	0,57	16,23	-0,17	29888,1	172,9	622,4		0,53	0,06
150	172,9	622,4	1,69	1192,3	104,3	3179,4	52,2	2018,1	4018,1	-90,3	862,4	0,60	16,84	-0,18	30147,0	173,6	625,1		0,48	0,05
155	173,6	625,1	1,51	1272,7	111,3	3290,8	47,1	2065,2	4065,2	-100,9	761,5	0,64	17,48	-0,19	29248,8	171,0	615,7		0,43	0,04
160	171,0	615,7	1,32	1321,8	115,6	3406,4	39,6	2104,7	4104,7	-108,7	652,9	0,68	18,15	-0,20	28513,6	168,9	607,9		0,39	0,04
165	168,9	607,9	1,11	1398,0	122,3	3528,7	31,7	2136,4	4136,4	-118,1	534,7	0,72	18,88	-0,22	27948,4	167,2	601,8		0,34	0,04
170	167,2	601,8	0,90	1514,9	132,5	3661,3	23,0	2159,4	4159,4	-130,5	404,2	0,79	19,67	-0,24	27567,9	166,0	597,7		0,28	0,03
175	166,0	597,7	0,66	1698,9	148,6	3809,9	13,0	2172,4	4172,4	-148,1	256,1	0,90	20,57	-0,27	27401,2	165,5	595,9		0,21	0,03

180	165,5	595,9	0,39	2010,3	175,9	3985,8	0,0	2172,4	4172,4	-175,9	80,2	1,06	21,63	-0,32	27508,4	165,9	597,1		0,12	0,02
185	165,9	597,1	0,07	2628,4	230,0	4215,7	-20,0	2152,3	4152,3	-229,1	-148,8	1,39	23,02	0,55	28036,9	167,4	602,8		0,02	0,02
190	167,4	602,8	0,63	1775,1	155,3	4371,0	-27,0	2125,3	4125,3	-152,9	-301,8	0,93	23,94	0,37	28645,6	169,3	609,3		0,19	0,03
195	169,3	609,3	1,00	1488,2	130,2	4501,2	-33,7	2091,6	4091,6	-125,8	-427,6	0,77	24,71	0,31	29361,9	171,4	616,9		0,30	0,03
200	171,4	616,9	1,30	1334,0	116,7	4617,9	-39,9	2051,7	4051,7	-109,7	-537,2	0,68	25,39	0,27	30182,3	173,7	625,4		0,38	0,04
205	173,7	625,4	1,58	1239,2	108,4	4726,4	-45,8	2005,9	4005,9	-98,3	-635,5	0,62	26,02	0,25	31102,5	176,4	634,9		0,44	0,05
210	176,4	634,9	1,83	1177,7	103,0	4829,4	-51,5	1954,4	3954,4	-89,2	-724,7	0,58	26,60	0,23	32119,4	179,2	645,2		0,50	0,05
215	179,2	645,2	2,06	1137,3	99,5	4928,9	-57,1	1897,3	3897,3	-81,5	-806,2	0,56	27,16	0,22	33229,6	182,3	656,2		0,54	0,06
220	182,3	656,2	2,28	1111,4	97,2	5026,1	-62,5	1834,8	3834,8	-74,5	-880,7	0,53	27,69	0,21	34430,0	185,6	668,0		0,57	0,06
225	185,6	668,0	2,50	1096,0	95,9	5122,0	-67,8	1767,0	3767,0	-67,8	-948,5	0,52	28,21	0,21	35716,9	189,0	680,4		0,60	0,07
230	189,0	680,4	2,70	1088,6	95,2	5217,3	-73,0	1694,1	3694,1	-61,2	-1009,7	0,50	28,71	0,20	37085,9	192,6	693,3		0,62	0,07
235	192,6	693,3	2,90	1087,3	95,1	5312,4	-77,9	1616,1	3616,1	-54,6	-1064,3	0,49	29,20	0,20	38531,5	196,3	706,7		0,64	0,07
240	196,3	706,7	3,10	1090,7	95,4	5407,8	-82,6	1533,5	3533,5	-47,7	-1112,0	0,49	29,69	0,19	40047,1	200,1	720,4		0,65	0,07
245	200,1	720,4	3,30	1098,0	96,1	5503,9	-87,1	1446,4	3446,4	-40,6	-1152,6	0,48	30,17	0,19	41624,7	204,0	734,5		0,66	0,07
250	204,0	734,5	3,49	1108,0	96,9	5600,8	-91,1	1355,3	3355,3	-33,2	-1185,8	0,48	30,65	0,19	43254,4	208,0	748,7		0,66	0,08
255	208,0	748,7	3,68	1120,1	98,0	5698,8	-94,7	1260,7	3260,7	-25,4	-1211,1	0,47	31,12	0,19	44925,2	212,0	763,0		0,67	0,08
260	212,0	763,0	3,87	1133,6	99,2	5798,0	-97,7	1163,0	3163,0	-17,2	-1228,3	0,47	31,58	0,19	46623,9	215,9	777,3		0,67	0,08
265	215,9	777,3	4,05	1147,9	100,4	5898,4	-100,0	1063,0	3063,0	-8,8	-1237,1	0,47	32,05	0,19	48336,2	219,9	791,5		0,67	0,08
270	219,9	791,5	4,24	1162,3	101,7	6000,1	-101,7	961,3	2961,3	0,0	-1237,1	0,46	32,51	0,19	50045,9	223,7	805,4		0,67	0,08
275	223,7	805,4	4,42	1176,3	102,9	6103,0	-102,5	858,8	2858,8	9,0	-1228,1	0,46	32,97	0,18	51735,9	227,5	818,8		0,67	0,08
280	227,5	818,8	4,61	1189,2	104,0	6207,1	-102,5	756,3	2756,3	18,1	-1210,1	0,46	33,43	0,18	53388,2	231,1	831,8		0,66	0,08
285	231,1	831,8	4,79	1200,7	105,1	6312,1	-101,5	654,8	2654,8	27,2	-1182,9	0,45	33,88	0,18	54984,0	234,5	844,2		0,66	0,08
290	234,5	844,2	4,97	1210,3	105,9	6418,0	-99,5	555,3	2555,3	36,2	-1146,7	0,45	34,34	0,18	56504,8	237,7	855,7		0,66	0,07
295	237,7	855,7	5,15	1217,5	106,5	6524,5	-96,5	458,8	2458,8	45,0	-1101,6	0,45	34,78	0,18	57932,2	240,7	866,5		0,66	0,07
300	240,7	866,5	5,33	1221,9	106,9	6631,4	-92,6	366,2	2366,2	53,5	-1048,2	0,44	35,23	0,18	59248,9	243,4	876,3		0,66	0,07
305	243,4	876,3	5,51	1223,3	107,0	6738,4	-87,7	278,5	2278,5	61,4	-986,8	0,44	35,67	0,18	60439,1	245,8	885,0		0,66	0,07
310	245,8	885,0	5,69	1221,5	106,9	6845,3	-81,9	196,7	2196,7	68,7	-918,1	0,43	36,10	0,17	61488,8	248,0	892,7		0,66	0,08
315	248,0	892,7	5,86	1216,3	106,4	6951,7	-75,2	121,4	2121,4	75,2	-842,9	0,43	36,53	-0,24	62386,4	249,8	899,2		0,67	0,08
320	249,8	899,2	5,62	1309,0	114,5	7066,2	-73,6	47,8	2047,8	87,7	-755,1	0,46	36,99	-0,25	63183,7	251,4	904,9		0,63	0,07
325	251,4	904,9	5,37	1414,6	123,8	7190,0	-71,0	-23,2	1976,8	101,4	-653,7	0,49	37,48	-0,27	63853,4	252,7	909,7		0,59	0,06
330	252,7	909,7	5,10	1536,8	134,5	7324,5	-67,2	-90,4	1909,6	116,4	-537,3	0,53	38,01	-0,29	65984,4	256,9	924,7		0,55	0,06
335	256,9	924,7	4,81	1723,6	150,8	7475,3	-63,7	-154,1	1845,9	136,7	-400,6	0,59	38,60	-0,32	65661,4	256,2	922,5		0,50	0,05
340	256,2	922,5	4,49	1887,5	165,1	7640,4	-56,5	-210,6	1789,4	155,2	-245,5	0,64	39,25	-0,35	65045,3	255,0	918,1		0,46	0,05
345	255,0	918,1	4,13	2094,6	183,3	7823,7	-47,4	-258,0	1742,0	177,0	-68,4	0,72	39,96	-0,40	64071,3	253,1	911,2		0,43	0,04
350	253,1	911,2	3,74	2373,8	207,7	8031,3	-36,1	-294,1	1705,9	204,5	136,1	0,82	40,79	-0,45	62645,1	250,3	901,0		0,39	0,04
355	250,3	901,0	3,28	2790,1	244,1	8275,4	-21,3	-315,4	1684,6	243,2	379,3	0,98	41,76	-0,54	60605,2	246,2	886,3		0,35	0,04
360	246,2	886,3	2,75	3533,2	309,1	8584,6	0,0	-315,4	1684,6	309,1	688,4	1,26	43,02	-0,69	57594,7	240,0	864,0		0,30	0,03

Wykaz oznaczeń stosowanych w załączniku nr 4

Cz(nz)	- współczynnik siły nośnej zależny od przeciążenia normalnego;
Cx(nx)	- współczynnik siły oporu zależny od przeciążenia normalnego;
V	- prędkość początkowa po łuku opartym na kącie 0,087 radiana;
V(2)	- prędkość końcowa po łuku opartym na kącie 0,087 radiana;
V(2)^2	- kwadrat prędkość końcowej *V(2);*
R	- promień manewru;
S	- odległość mierzona po łuku manewru;
t	- czas trwania manewru;
Δt	-czas lotu po łuku opartym na kącie 0,087 radiana;
ΔS	- długość łuku opartego na kącie 0,087 radiana;
S(x)	- odległość mierzona w układzie odniesienia związanym z Ziemią;
ΔH	- zmiana wysokości w czasie manewru;
Δnz	- zmiana wartości przeciążenia normalnego;
ΣΔH	- zmiana wysokości od czasu t_0 rozpoczęcia manewru;
kąt	- wartość kąta pochylenia samolotu;

BIBLIOTEKA GŁÓWNA - ARCHIWUM
60972
II
Akademii Obrony Narodowej

28,-25

Cryt. Rosp. addit. i hołd

S/4354