



Maksymilian Kuśka

Hanna Kałuża

Piotr Świstek

Mikołaj Stiebal

Julia Murzyn

Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny w Gliwicach

HISTORIA ROZWOJU MYŚLIWCÓW ODRZUTOWYCH NA PRZESTRZENI PIĘCIU GENERACJI

Streszczenie (abstrakt): Na przestrzeni ostatnich 80 lat społeczność naukowców podzieliła myśliwce odrzutowe na pięć różnych generacji, według różnych aspektów. Generacja pierwsza, do której zalicza się pionierskie konstrukcje – pierwsze myśliwce napędzane silnikami odrzutowymi, ma swą genezę jeszcze w czasach drugiej wojny światowej. Druga generacja, przypadająca na lata 50. i wojnę koreańską, zawiera w sobie maszyny naddźwiękowe wyposażone w pociski rakietowe. Trzecia generacja obejmuje myśliwce z lat 60. i 70. Widać w niej przejście od wysokiej specjalizacji do wielozadaniowości. Rozwija się też awionika oraz systemy uzbrojenia. Czwartą generację cechuje wielozadaniowość maszyn, zaawansowana elektronika oraz rozwój radarów i pocisków. Generacja 4,5 oferuje zaś mniejszą wykrywalność przez radary oraz narzędzia do lepszego kontaktu między maszynami. Myśliwce generacji piątej cechują się technologią *stealth* oraz znaczną cyfryzacją.

Słowa kluczowe: myśliwce odrzutowe, napęd odrzutowy, różnice między generacjami myśliwców odrzutowych, rozwój, konstrukcja maszyn

A FIVE-GENERATION HISTORY OF JET FIGHTER DEVELOPMENT

Abstract: Over the past 80 years, the scientific community has divided jet fighters into five different generations, according to different aspects. The first generation consists of pioneer machines – the first jet powered fighters. It stems from the times of world war II. Second generation that spans over the '50 and the Korean War contains supersonic airplanes equipped with rocket-powered missiles. Third generation of fighters from the '60 and '70 emphasises multirole capabilities. There is also development of avionics and weapon systems. What characterizes the fourth generation are multirole airplanes, advanced electronics and the development of radars and missiles. Additionally, generation 4,5 contains jets with lower radar profile and network support. Machines of the fifth generation are characterized by stealth technology and significant digitalization.

Keywords: jet fighters, jet propulsion, differences between fighter jet generations, development, machine design

Wstęp

Lotnictwo przez ostatnie 100 lat rozwija się dynamicznie. Główną przyczyną są między innymi konflikty zbrojne, a przede wszystkim chęć posiadania przewagi w powietrzu. Na

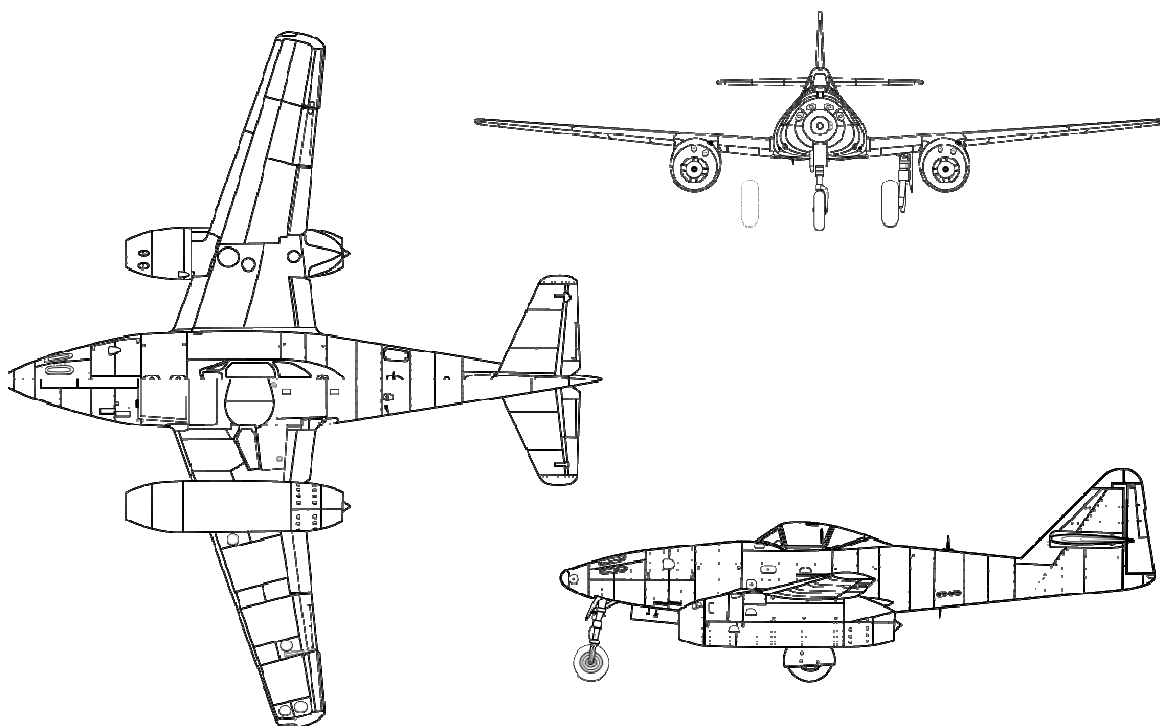
skutek tego rozwoju możemy zaobserwować i klasyfikować aż pięć różnych generacji myśliwców odrzutowych. W obliczu narastających konfliktów, związanych z wybuchem II wojny światowej, militarne zaplecza techniczne najbardziej zwaśnionych państw porzuciły ideę silników tłokowych ze względu na ich ograniczenia. Pomimo ciągłego rozwoju samoloty te nie były na tyle zwrotne i wydajne jak oczekiwaloby tego wojsko. Zaczęto więc poszukiwać nowych rozwiązań, a uwaga inżynierów spoczęła na silnikach odrzutowych. Chociaż początki nie były łatwe, to założenie z jakiego wyszli niemieccy konstruktorzy było obiecujące, gdyż specyfika silników turbodrzutowych, dzięki wykorzystaniu wlatującego powietrza, pozwalała na uproszczenie ich budowy, a tym samym zmniejszenie masy maszyny. Główną zaletą wprowadzenia nowej jednostki napędowej, która została zaprojektowana tak, by dostarczać więcej mocy, było znaczące zwiększenie prędkości i właśnie to dawało przewagę nowym samolotom nad starszymi konstrukcjami.

1. Pierwsza generacja 1944-1954

Można przypuszczać, że najbardziej zmotywowanymi oddziałami technicznymi, pracującymi nad udoskonaleniem maszyn o napędzie odrzutowym, były oddziały niemieckie. Niemcy bowiem zdawały sobie sprawę, jak znacząco poszerzy to ich możliwości w walce z Wielką Brytanią. Nie powinno więc dziwić, że to właśnie germański samolot jest jedną z najbardziej rozpoznawalnych konstrukcji tamtej generacji. Mowa tutaj o pierwszym myśliwcu odrzutowym Messerschmitt Me 262 (zob. rysunek 1). Cechą, która z pewnością pozwalała odróżnić go od wcześniej powstałych maszyn odrzutowych, był kształt skrzydeł. Zostały one przebudowane z klasycznych, prostych płatów nośnych do wersji o bardziej skośnym kształcie. Było to związane ze wzrostem masy silnika, który podlegał ciągłej budowie i rozwojowi. Pierwsze testy tych maszyn pozwoliły zaobserwować, że nowy kształt skrzydeł, oprócz spełniania swojej pierwotnej funkcji, generował mniejszy opór falowy, a w rezultacie dawał możliwość rozwijania większych prędkości przelotowych. Większa moc, wytwarzana przez silniki, zniosła natomiast rygorystyczne ograniczenia masy całej maszyny, co dało przestrzeń na solidne zabudowanie uzbrojenia. Niekonwencjonalne podejście do konstrukcji jednostek napędowych otwierało nowe możliwości, jednak specyfika silników odrzutowych powodowała również powstawanie nieobecnych dotąd problemów i stawiała przed konstruktorami kolejne wyzwania. Jednym z nich była przebudowa podwozia w taki sposób, aby zawierało ono koło przednie zamiast ogonowego, co w rezultacie ułatwiało starty i lądowania tymi nowoczesnymi naówczas maszynami. Twórcy od początku spełniali założenie, określające Messerschmitta Me 262 jako samolot myśliwski. Był pierwszym odrzutowcem zastosowanym w działaniach bojowych¹. Charakteryzował się uzbrojeniem w cztery potężne działka MK 108 kalibru 30 mm oraz możliwością posiadania nawet do dwudziestu czterech niekierowanych pocisków rakietowych R4M Orkan. Tak dobrane wyposażenie bojowe sprawiało, że optymalna strategia natarcia unikała bezpośredniej walki ze zwrotniejszymi maszynami wcześniejszej formacji. Zamiast tego do jego zadań miało należeć między innymi przechwytywanie silnie chronionych bombow-

¹ R. Łukawski, *Przewaga techniczna w lotnictwie myśliwskim w okresie II wojny światowej*, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa 2017, s. 117.

ców. Dowództwo lotnictwa niemieckiej armii nie miało jednak w pełni możliwości na realizowanie tego typu akcji, ponieważ zgodnie z decyzją Adolfa Hitlera większość ukończonych samolotów została przekazana do jednostki bombowej. W efekcie ta maszyna nie odegrała znaczącej roli w walce z aliantami. Historia jednak szybko wybaczyła niedoskonałości Messerschmitta Me 262, gdyż był on pionierem ery odrzutowców i wyznaczył nowy poziom technologiczny w lotnictwie.

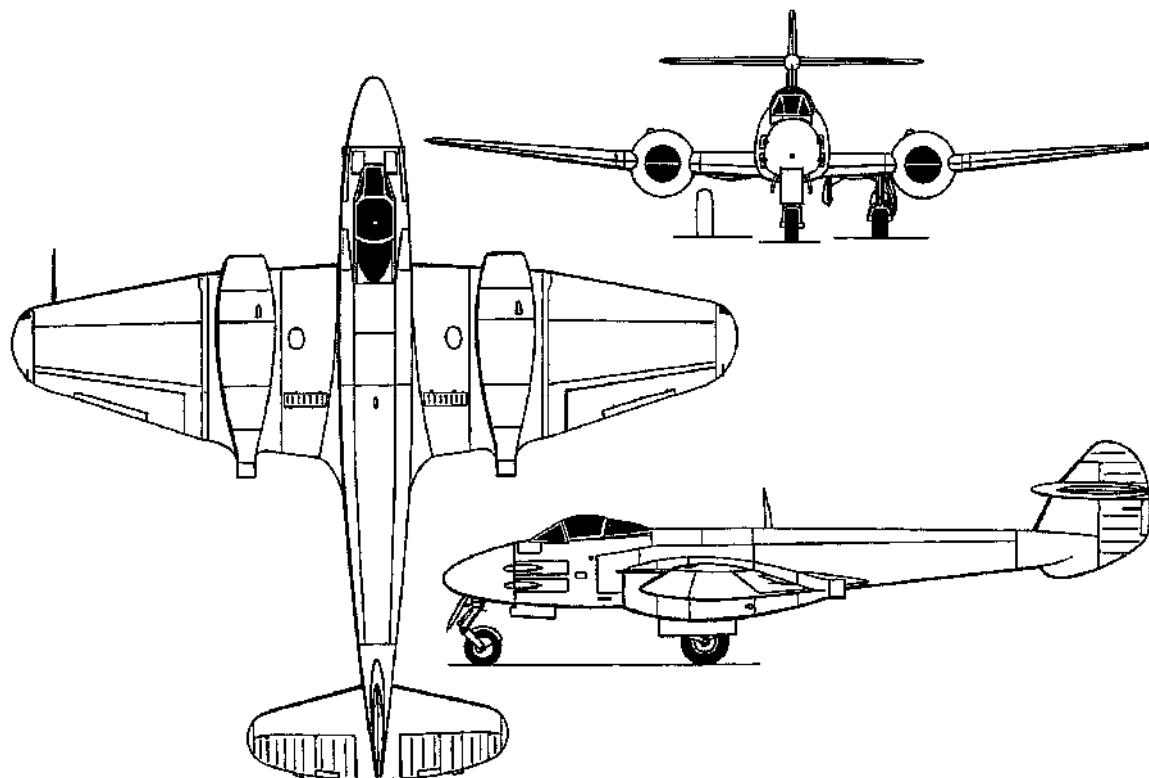


Rys. 1. Rzut boczny, przedni i górny myśliwca Messerschmitt Me 262

Źródło: Voytek S, https://pl.m.wikipedia.org/wiki/Wikipedysta:Voytek_s/galeria [dostęp: 17.02.2025]

Brytyjczycy nie zamierzali oddać przewagi inżynierom niemieckim, dlatego również rozpoczęli działania, mające na celu konstrukcję drugiego na świecie myśliwca odrzutowego. Owocem ich pracy był Gloster Meteor (zob. rysunek 2), pierwszy samolot bojowy z napędem odrzutowym w oddziałach alianckich. W tym przypadku droga do dopracowania maszyny także nie była łatwa i składała się z licznych prototypów, począwszy od jednosilnikowego samolotu doświadczalnego. Wyspiarze inaczej podeszli do problemu ze wzrostem masy jednostki napędowej i zamiast zastosować konstrukcję skrzydeł skośnych, postawili na umieszczenie obu silników w gondolach, w centralnych częściach skrzydeł. Skupili się również na usztywnieniu i wzmocnieniu konstrukcji płatowca, co pozwalało podwieszać cięższe ładunki wybuchowe. Istotnym usprawnieniem okazały się hamulce aerodynamiczne, ułatwiające lądowania poprzez zwiększenie oporu powietrza bez zmiany siły nośnej, jednak dużo większym przełomem było wprowadzenie fotela wyrzucanego

wraz z jednoczęściową kopułą osłony kabiny. Po raz pierwszy miało to miejsce w drugiej połowie 1949 roku, podczas pracy nad prototypem wersji F.Mk.8. Różne modele tego samolotu pozostały na służbie wiele lat, ale warto zaznaczyć, że żaden Gloster Meteor nie stoczył walki z samolotem nieprzyjaciela. Meteor został oddany do użytku w ograniczonym zakresie podczas II wojny światowej, był używany do zestrzeliwania niemieckich pocisków V1, poprzez przewracanie ich końcówkami skrzydeł, a także jako myśliwiec szturmowy². Brał udział głównie w akcjach mających na celu niszczenie statków powietrznych, przetrzymywanych na ziemiach niemieckich.



Rys. 2. Rzut boczny, przedni i górny myśliwca Gloster Meteor

Źródło: Gloster Meteor, https://aviastar.org/air/england/gloster_meteor.php [dostęp: 23.01.2025]

Żaden z wcześniej wymienionych myśliwców odrzutowych nie odegrał znaczącej roli w konflikcie zbrojnym, jakim była II wojna światowa, jednak rozpoczęły się intensywne prace związane z udoskonalaniem tak napędzanych samolotów wojskowych. W efekcie zbudowany został amerykański myśliwiec odrzutowy North American F-86 Sabre, który jako pierwszy nieoficjalnie przekroczył prędkość dźwięku, a także radziecki Mig-15 z kadłubem o przekroju na kształt bryły obrotowej. Specyficzną budową kadłuba cechował się również szwedzki Saab J29 Tunnan. Nawet jego nazwa, przetłumaczona z języka szwedz-

² Gloster Meteor T7, Planes of Fame Air Museum, <https://planesoffame.org/aircraft/plane-T-7> [dostęp: 10.12.2024].

kiego, sugeruje, że kształtem przypominał beczkę. Niektóre źródła twierdzą, że myśliwiec ten wykazywał pewne podobieństwo do jednego z ostatnich prototypów projektu Messerschmitt, jednak w przeciwieństwie do niemieckiej konstrukcji, która nie miała szansy wykazać się w powietrzu, Saab J29F Tunnan należał do najlepszych myśliwców swoich czasów.

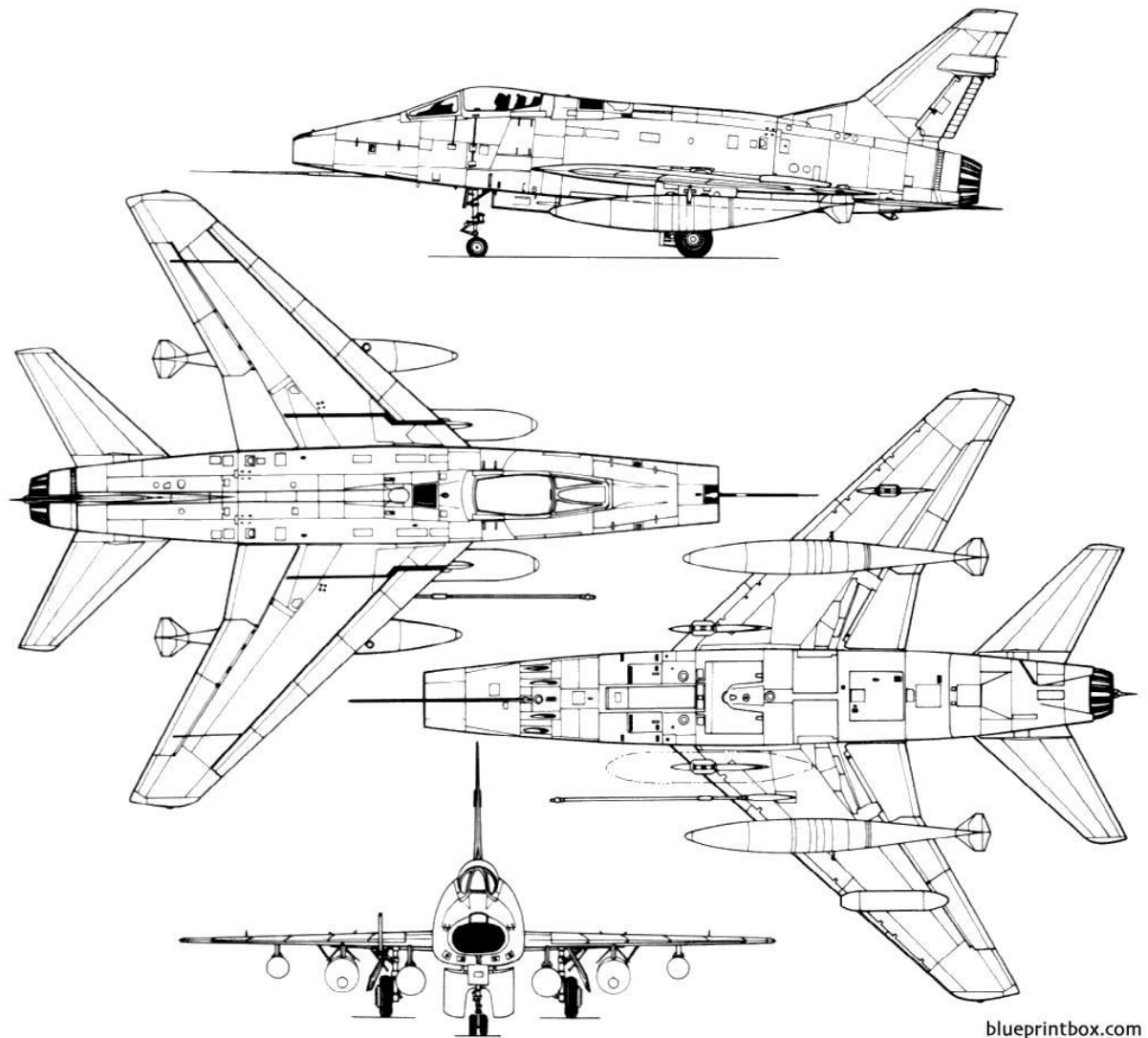
Podsumowując, myśliwce odrzutowe pierwszej generacji, choć wydawać się może, że bardzo podobne do ich poprzedników napędzanych silnikami tłokowymi, rozwinęły i wprowadziły w użycie takie technologie, jak skośne skrzydła, fotele wyrzucane oraz ustalenie płytowe, pozwalające przekraczać prędkość dźwięku.

2. Druga generacja 1954-1960

Wraz z końcem wojny w Korei nastała druga generacja myśliwców odrzutowych. Te statki powietrzne miały być szybsze, lepiej uzbrojone oraz wielozadaniowe. Standardem stały się skrzydła skośne, ułatwiające myśliwcom osiągnięcie coraz większych prędkości. Myśliwce drugiej generacji, w porównaniu ze swoimi poprzednikami, osiągały prędkości ponaddźwiękowe. W uzbrojeniu coraz częściej występowały rakiety kierowane na podczerwień, gdyż uznano, że karabiny maszynowe oraz działka nie były wystarczające w walkach przy takich prędkościach. Ponadto zaczęto korzystać z odbiorników ostrzegawczych, które umożliwiały wczesną reakcję na wystrzelone przez nieprzyjaciela rakiety.

Amerykański myśliwiec F-100 Super Sabre jest jednym z kluczowych odrzutowców II generacji. Został oblatany 25 maja 1953 roku, a w trakcie lotu przekroczył on barierę dźwięku. Był pierwszym samolotem naddźwiękowym United States Air Force (Sił Powietrznych Stanów Zjednoczonych), który osiągnął taką prędkość w locie poziomym. Jego pierwotnym celem było zapewnienie przewagi powietrznej, ale z czasem przekształcono jego wersję F-100C w samolot szturmowy. Najbardziej zaawansowaną wersją tego samolotu jest F-100D. Zastosowano w nim zaawansowane urządzenia radarowe i nawigacyjne, aby umożliwić nocne ataki oraz walkę w trudnych warunkach pogodowych. Ponadto wprowadzono możliwość tankowania w powietrzu. Na jego uzbrojenie składają się 4 działka o kalibrze 20 mm oraz pociski powietrze-powietrze Aim 9 Sidewinder, bomby lotnicze, a także pociski powietrze-ziemia AGM-12 Bullpup³. Doświadczenie pozyskane podczas użytkowania F-100D posłużyło USAF do rozwoju kolejnych myśliwców takich jak np. F-105, a także ulepszania technologii bojowych.

3 North American F-100D Super Sabre, Muzeum Narodowe USAF, <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/195798/north-american-f-100d-super-sabre/> [dostęp: 10.12.2024].



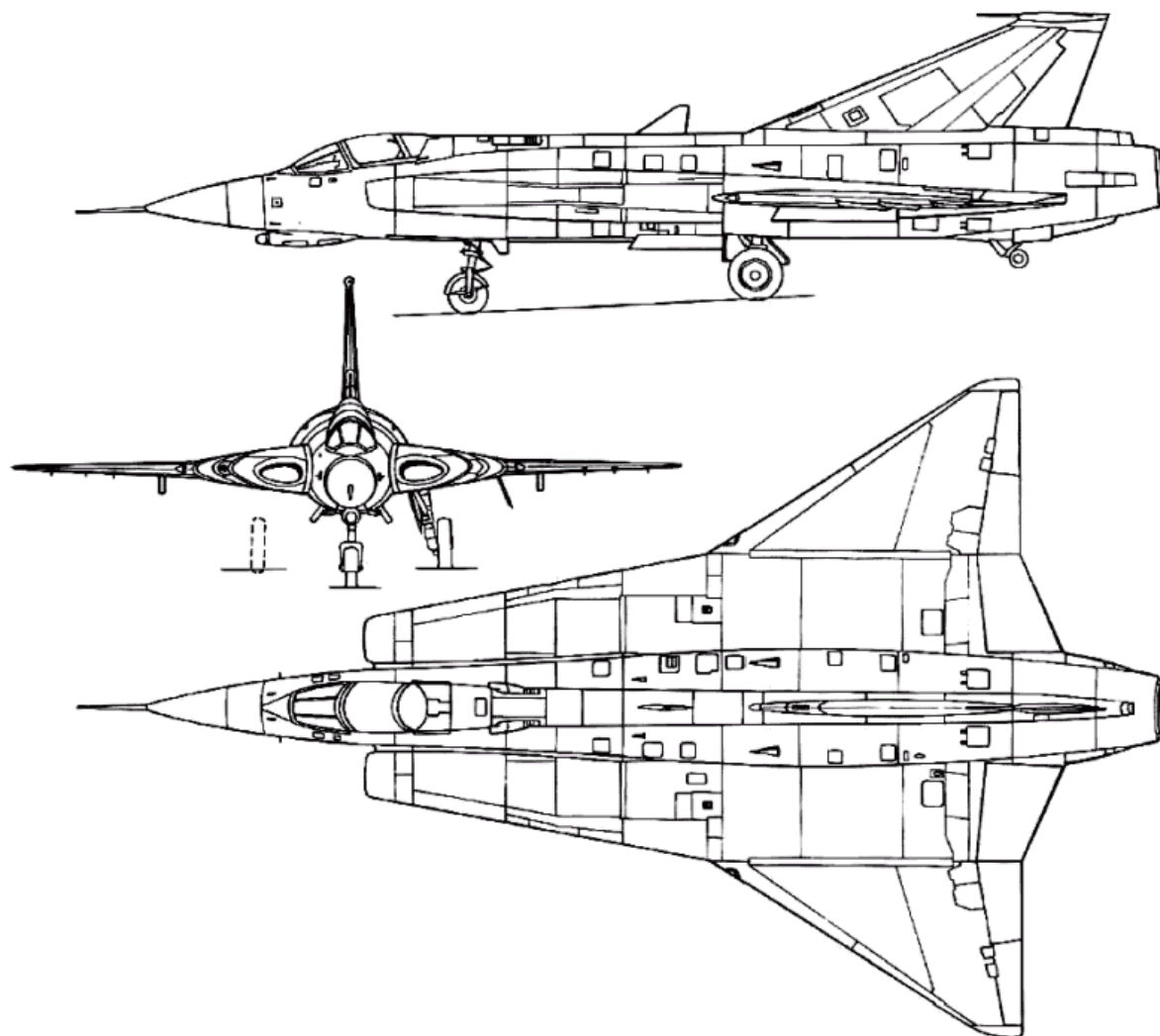
Rys. 3. Rzut boczny, przedni, górny i dolny myśliwca North American F-100 Super Sabre

Źródło: Ecstatic Pixel, <https://br.pinterest.com/pin/318207529926590835/> [dostęp: 23.01.2025]

Mówiąc o II generacji myśliwców nie należy zapominać o samolocie produkcji szwedzkiego Saaba - J 35 Draken, który oblatany został 25 października 1955 roku⁴. Był jednym z najbardziej nowatorskich projektów w swojej erze. Pod względem osiągnięć jest w czołówce samolotów II generacji. Wprowadzono w nim skrzydła o układzie podwójnej delty. Taka konstrukcja zapewniła mu osiąganie wysokich prędkości wraz z utrzymaniem manewrowości. Zasilany jest przez silnik turboodrzutowy o maksymalnym ciągu 78,5 kN. Nawet osiągając prędkość mach 2 jest on w stanie wykonywać zaawansowane manewry, czym przewyższa wiele innych konstrukcji swoich czasów. Przystosowany jest również do startowania z krótkich pasów startowych. Oprócz roli myśliwca przechwytyjącego, pełnił

⁴ M. Banach, *Saab J35 Draken – pierwszy zachodnioeuropejski myśliwiec naddźwiękowy*, Smartage.pl Portal ludzi ciekawych świata, <https://www.smartage.pl/saab-j35-draken-pierwszy-zachodnioeuropejski-mysliwiec-naddzwiekowy/> [dostęp: 16.01.2024].

również rolę samolotu rozpoznawczego, szturmowego czy nawet myśliwca-bombowca. Na uzbrojenie tego myśliwca, oprócz 2 działek o kalibrze 30 mm, składają się rakiety kierowane Rb 24, wyrzutnie niekierowanych pocisków Bofors, a także bomby lotnicze⁵. Samolot ten był wielokrotnie modyfikowany i ulepszany aż do lat 90. XX. wieku.



Rys. 4. Rzut boczny, przedni i górny myśliwca Saab J35 Draken

Źródło: Saab 35 Draken, https://aviastar.org/air/sweden/saab_draken.php [dostęp: 23.01.2025]

Do II generacji myśliwców zalicza się najliczniej produkowany myśliwiec ponaddźwiękowy – radziecki MIG 21. Wyprodukowano około 18 tys. egzemplarzy. Oblot nastąpił 16 czerwca 1956 roku⁶. Jego powstanie było bezpośrednią odpowiedzią na wymagania stojące przed radzieckim wojskiem po wojnie w Korei – potrzebę stworzenia lekkiego myśliwca, który byłby w stanie osiągnąć prędkość powyżej mach 2. Zastosowano w nim

⁶ M. Nejman, Z serii „Spotkania przy samolocie”: MiG-21, <https://dlapilota.pl/wiadomosci/muzeum-lotnictwa-polskiego/z-serii-spotkania-przy-samolocie-mig-21> [dostęp: 26.01.2024].

istotne dla myśliwców kolejnych generacji skrzydła deltowe. Posiada silnik turboodrzutowy z możliwością dopalania, który osiąga maksymalny ciąg 60,6 kN. W jego uzbrojenie wchodziło działko 23 mm oraz podwieszany ładunek o maksymalnej łącznej masie 2000 kg. Były to rakiety niekierowane (S-5 lub S-24) lub kierowane pociski raketowe (R-3, R-13 czy R-60 M), a także bomby lotnicze o różnej masie⁷.

Kolejnym z myśliwców II generacji jest Dassault Mirage III. Jest on myśliwcem produkcji francuskiego Dassault Aviation. Pierwszy lot tego samolotu odbył się 17 listopada 1956 roku. Był to możliwie lekki samolot przechwytyjący oraz myśliwiec-bombowiec. Powstał on w odpowiedzi na potrzeby Francuskich Sił Powietrznych⁸, które potrzebowały lekkiego myśliwca zdolnego do przekroczenia bariery dźwięku i przechwytywania wrogich samolotów. Posiada jeden silnik turboodrzutowy z dopalaniem o maksymalnym ciągu 62,8 kN. Zastosowano w nim skrzydła o układzie delta, umożliwiające osiągnięcie wysokich prędkości i zachowanie manewrowości w trakcie walki. Wyposażono go w działko 30 mm oraz mógł przenosić pociski kierowane powietrze-powietrze np. AIM-9 Sidewinder, bomby lotnicze oraz pociski powietrze-ziemia⁹. Produkowano go w różnych wersjach aż do lat 80. XX wieku. Samoloty te brały udział w konfliktach zbrojnych w latach, kiedy powstawały już myśliwce kolejnych generacji.

Podsumowując, należy podkreślić, że myśliwce drugiej generacji zmieniły dotychczasowe pojęcie na temat wojsk lotniczych. Wprowadzano w nich liczne usprawnienia, takie jak: skośne lub deltowe skrzydła, pociski kierowane na podczerwień czy radary i systemy ostrzegania. Wprowadzono również koncept myśliwca wielozadaniowego. Wiele z tych usprawnień było udoskonalonych w następnych generacjach i przygotowało grunt pod rozwój lotnictwa wojskowego i bardziej zaawansowanych maszyn.

3. Trzecia generacja 1960-1970

Konstruktorzy, motywowani dotychczasowym rozwojem myśliwców odrzutowych, z uporem dążyli do udoskonalania rozwiązań technologicznych. Dzięki temu poziom zaawansowania samolotów wojskowych pozwolił wyróżnić kolejną generację. Cechowała się ona między innymi wyposażeniem w nowocześniejsze rakiety, stosowane do neutralizowania z powietrza obiektów poruszających się w atmosferze (przykładowo AIM-7 Sparrow czy Matra R530). Pracowano również nad radarami oraz środkami zakłócającymi¹⁰. Myśliwce na powrót zostały uzbrojone w standardowe działka, ponieważ postanowiono wyciągnąć wnioski ze starć pomiędzy maszynami drugiej generacji – F-4 Phantomem a MiG-iem 17, przy czym pierwszy z nich, nieposiadający tego typu uzbrojenia, padał ofiarą bardziej

⁷ MiG-21 bis, nr boczny 8905, kod NATO „Fishbed”, Muzeum Sił Powietrznych w Dęblinie, <https://muzeumsp.pl/ekspozycje/mig-21-bis-nr-boczny-8905-kod-nato-fishbed/> [dostęp: 07.12.2024].

⁸ M. Gajzler, *Dassault Mirage III Część I*, <https://www.magnum-x.pl/arttykul/dassault-mirage-iii-czesc-i> [dostęp: 07.12.2024].

⁹ Dassault-Breguet „Mirage III”, 1956, <http://www.samolotyplskie.pl/samoloty/766/108/Dassault-Breguet-Mirage-II> [dostęp: 16.12.2024].

¹⁰ M. Salomon, *What Are The 5 Generations of Fighter Planes?*, *Aerocorner*, <https://aerocorner.com/blog/the-five-generations-of-fighter-planes/#third-generation-8211-1960-to-1970> [dostęp: 10.12.2024].

zwrotnych myśliwców północnowietnamskich¹¹. Na powrót doceniono możliwości walki na krótkim dystansie, a manewrowość znów zaczęła się liczyć. Nowa wersja Phantoma (II) została lepiej wyposażona pod kątem zbrojeniowym. Nowe, lepsze silniki pozwalały zwiększyć zasięg i prędkość myśliwców. Powszechne stało się eksperymentowanie ze zmienną geometrią skrzydła (Amerykański F-111 Aardvark, a także radziecki MiG-23) oraz wektorowaniem ciągu (udany brytyjski Hawker Siddeley Harrier). Wszystkie te pomysły, choć innowacyjne, czyniły samoloty ciężkimi i niezwykle skomplikowanymi, przez co nie wszędzie się one przyjęły.

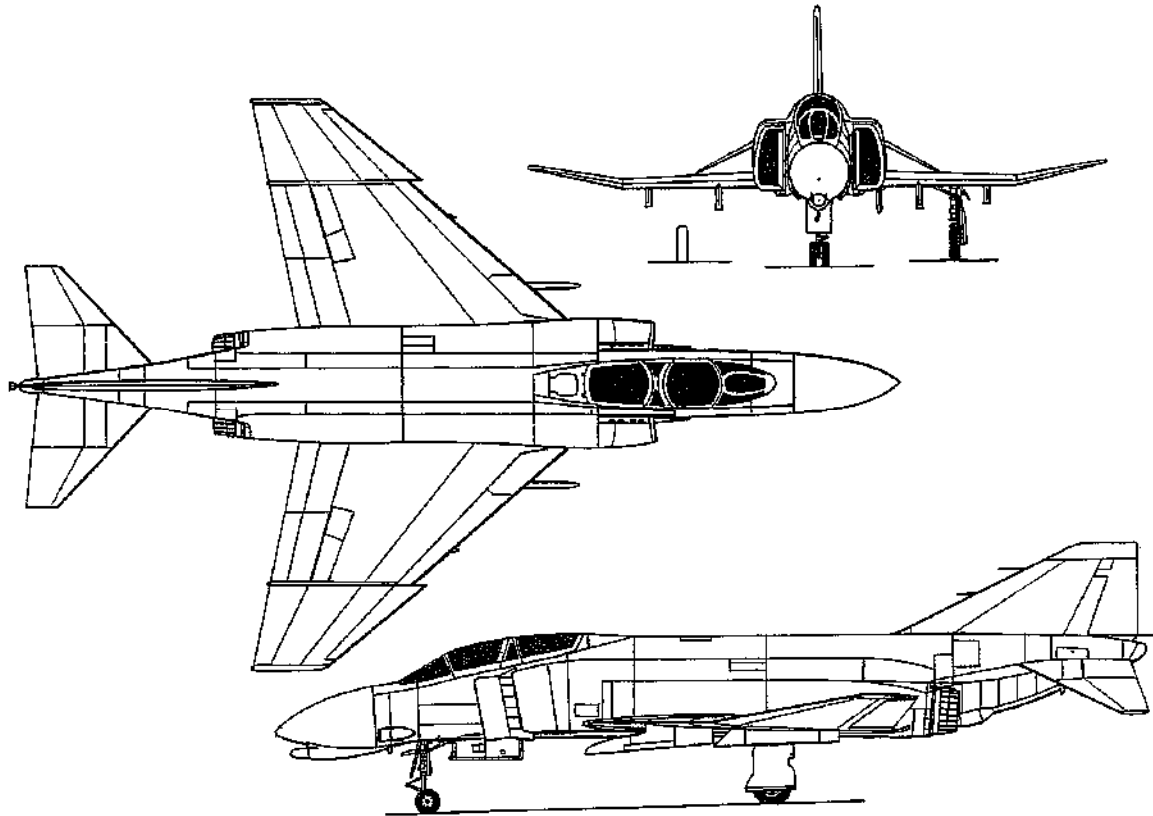
Ważną cechą samolotów trzeciej generacji była ich wielozadaniowość. Ze względu na rosnące koszty nowych technologii, zaczęto odchodzić od specjalistycznych typów myśliwców na rzecz takich, które byłyby zdolne do wielu różnych misji. Maszyny standardowo wyposażano w pociski pozwalające niszczyć obiekty naziemne (na przykład AGM-65 Maverick) oraz bomby kierowane laserowo. Montowano systemy asystujące w locie nisko nad ziemią, przykładowo Terrain-following radar, a także zewnętrzne systemy celownicze do prowadzenia bardziej precyzyjnych ataków na cele naziemne.

Wspomniany wcześniej amerykański F-4 Phantom II, firmy McDonnell Douglas (rysunek 5), produkowany był w wielu różnych wersjach, od roku 1958 aż do 1981, tym samym wpisując się do grona myśliwców odrzutowych trzeciej generacji. Zaliczany jest do jednych z najbardziej udanych myśliwców dwudziestego wieku, dlatego nie powinna dziwić informacja, że liczba jego egzemplarzy przekraczała pięć tysięcy. Był to dwumiejscowy samolot wielozadaniowy, zdolny przenosić 16 000 funtów różnego rodzaju broni i którego maksymalna prędkość wynosiła 1400 mph¹². Standardowym uzbrojeniem pokładowym było działko M61, a pociski rakietowe były dobierane w zależności od misji. Jego udział w wojnach w Wietnamie oraz w Zatoce Perskiej zakończony był licznymi sukcesami¹³.

¹¹ F-4, Encyclopedia Britannica, <https://www.britannica.com/technology/F-4> [dostęp: 14.12.2024].

¹² McDonnell Douglas F-4C Phantom II, Muzeum Narodowe USAF, <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/196051/mcdonnell-douglas-f-4c-phantom-ii/> [dostęp: 26.01.2025].

¹³ McDonnell Douglas F-4 Phantom II, militaryfactory.com, https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=24 [dostęp: 26.01.2025].



Rys. 5. Rzut boczny, przedni i górny myśliwca McDonnell Douglas F-4 II Phantom

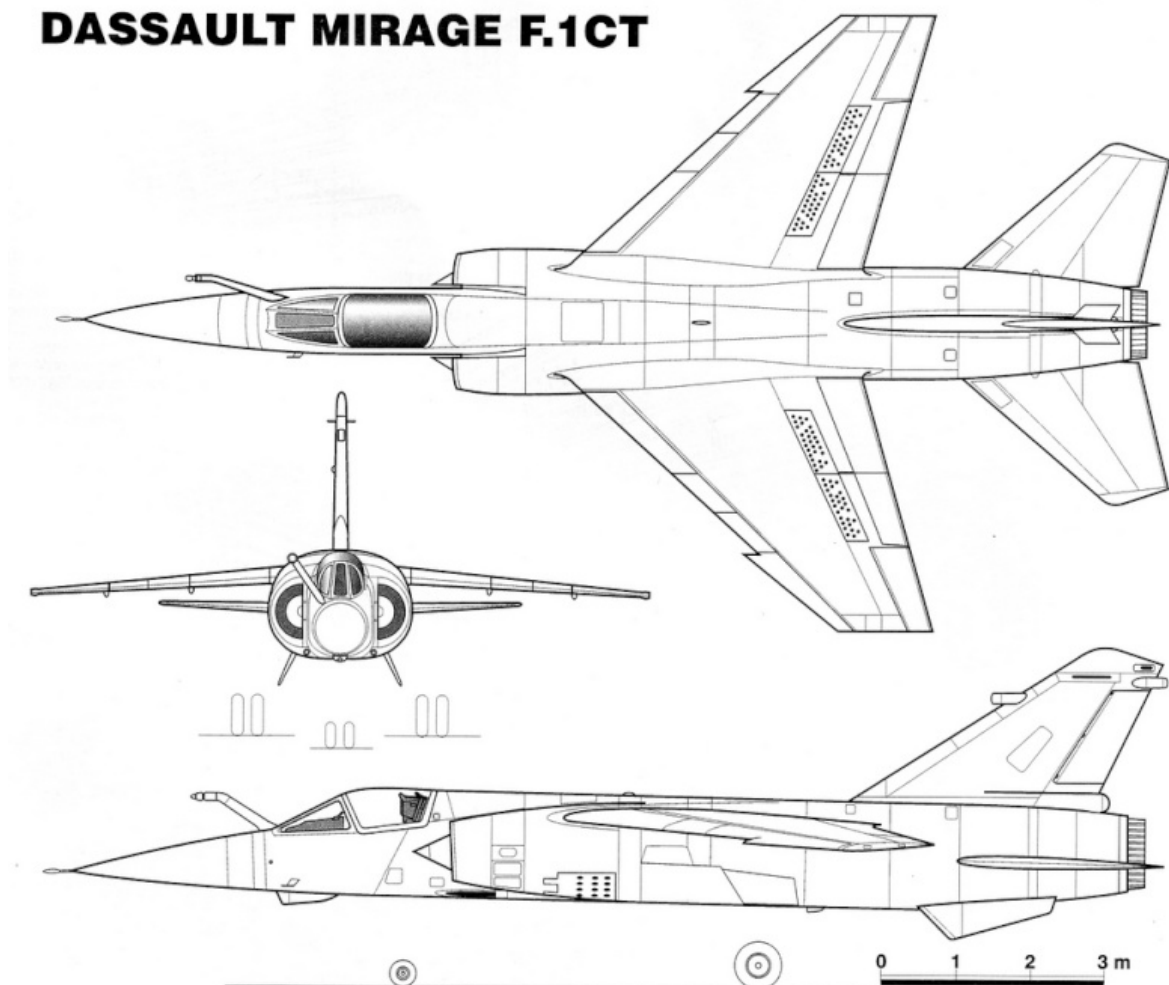
Źródło: McDonnell Douglas F-4 Phantom II 1958, https://aviastar.org/air/usa/mcdonnel_phantom.php?p=2, [dostęp: 23.01.2025].

Kolejnym myśliwcem, uważanym za jeden z lepszych samolotów tej generacji, był francuski Mirage F1 firmy Dassault Aviation, produkowany od 1973 roku jako następca Mirage III, jednak różnił się od niego skrzydłami skośnymi zamiast układu delta. Ten jednomiejscowy myśliwiec przechwytyjący napędzany był pojedynczym silnikiem SNECMA Atar 9K-50, co pozwalało mu osiągać prędkość 2338 km/h, nawet podczas transportu 8818 funtów broni¹⁴. Posiadał on między innymi potężny radar Thompson-CSF Cyrano IV-MR, system nawigacji inercyjnej, detektor emisji elektromagnetycznych oraz inne instrumenty pomagające pilotowi w locie, walce i komunikacji¹⁵. Był wykorzystywany podczas misji w Afryce, Ameryce Południowej, jak również na Bliskim Wschodzie.

¹⁴ Dassault Mirage F1, militaryfactory.com, https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=231 [dostęp: 26.01.2025].

¹⁵ Mirage F1 (Dassault-Breguet), Federation of American Scientists, <https://man.fas.org/dod-101/sys/ac/row/mirage-f1.htm> [dostęp: 26.01.2025].

DASSAULT MIRAGE F.1CT



Rys. 6. Rzut górny, przedni i boczny myśliwca Dassault Mirage F1

Źródło: Historique du Dassault Mirage F1 CT, <https://heller-story.lebonforum.com/t1373-tiger60-dassault-mirage-f1-ct-1-72eme>, [dostęp: 23.01.2025].

4. Generacja 4 oraz 4.5

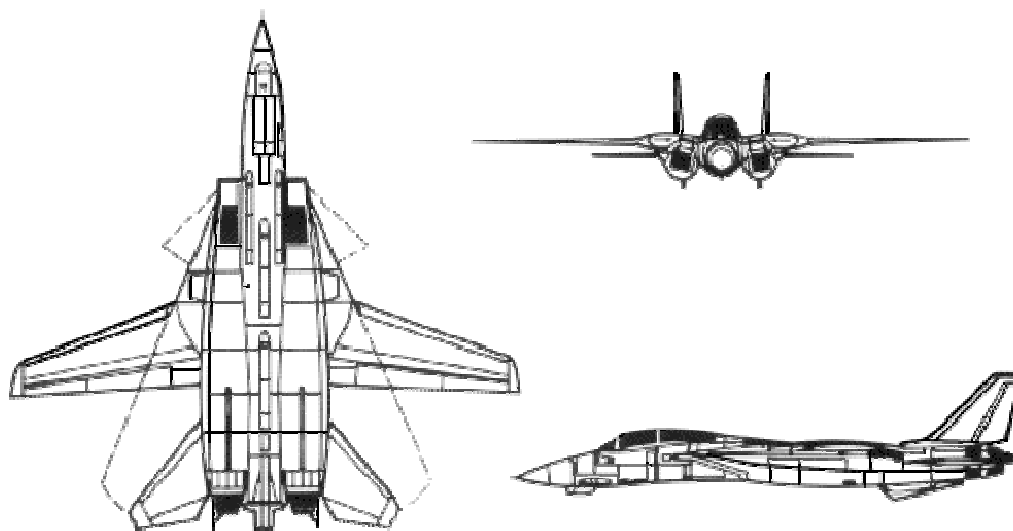
Wraz z końcem wojny w Wietnamie (1954-1975)¹⁶ na świecie wzrosło zapotrzebowanie na myśliwce wielozadaniowe. Jednym z pierwszych zdolnych do misji bojowych, a na pewno wyróżniających się, był amerykański Grumman F-14 Tomcat (zob. rysunek 7). Pierwszy lot tego samolotu odbył się 21 grudnia 1970 roku, pierwsze maszyny zostały wprowadzone do służby od 1975 roku¹⁷. Samolot był zaopatrzony w wiele unowocześnień takich jak zmienna geometria skrzydeł umożliwiającą zmianę kąta nachylenia skrzydeł między 20° a 68° w trakcie lotu oraz 75°, gdy znajduje się na ziemi¹⁸, zmieniono hydrau-

¹⁶ Wojna w Wietnamie, Vietnam War, <https://www.britannica.com/event/Vietnam-War> [dostęp: 07.12.2024].

¹⁷ F-14A Tomcat, <https://www.history.navy.mil/content/history/museums/nnam/explore/collections/aircraft/f/f-14a-tomcat.html> [dostęp: 07.12.2024].

¹⁸ Historia myśliwca F-14A, The story of F-14A, Aircraft No. 3, BuNo. 157982, <https://www.f-14association.com/tales/the-story-of-f-14a-aircraft-no-3-buno-157982.html> [dostęp: 08.12.2024].

liczny system sterowania samolotem na elektryczny system Fly-by-wire (FBW) oraz zainstalowano nowoczesny radar Hughes AN/AWG-9. Radar ten posiadał wiele trybów, takich jak Track-While-Scan (TWS), Range-While-Scan (RWS), Pulse-Doppler Single-Target Track (PDSTT) oraz Jam Angle Track (JAT). Mógł on w jednym momencie śledzić 24 cele. W późniejszych wersjach (F14D) radar został zamieniony na nowszy APG-71¹⁹.



Rys. 7. Rzut górny, przedni i boczny myśliwca Grumman F-14 Tomcat

Źródło: Ryan Somero, Virginia Tech Morphing Wing Team Fall 2004 Final Report, https://www.researchgate.net/publication/268200739_Virginia_Tech_Morphing_Wing_Team_Fall_2004_Final_Report [dostęp: 23.01.2025].

W myśliwcach czwartej generacji możemy często, lecz nie zawsze, spotkać się ze zmienną geometrią skrzydeł. Rosyjski MiG-29 ma tzw. skrzydła pasmowe – o dużym skosie przy kadłubie i mniejszym w zasadniczej części. Projekty myśliwców różnią się w zależności wymagań miejsca, w którym będą wykorzystywane. JAS 39 Gripen jest doskonałym przykładem myśliwca zaprojektowanego z myślą o morfologii w Szwecji. Dzięki zastosowaniu układu delta, połączonego z układem kaczki, maszyna może startować z tymczasowych pasów startowych o długości zaledwie 500 metrów²⁰. Wojna w powietrzu od czwartej generacji to przede wszystkim wojna na odległość, w której wygrywa ten, kto ma lepsze pociski powietrze-powietrze czy też radar. Nowoczesne radary posiadają za-

¹⁹ Grumman F-14A Tomcat, https://www.joebaugh.com/navy_fighters/f14_2.html [dostęp: 11.12.2024].

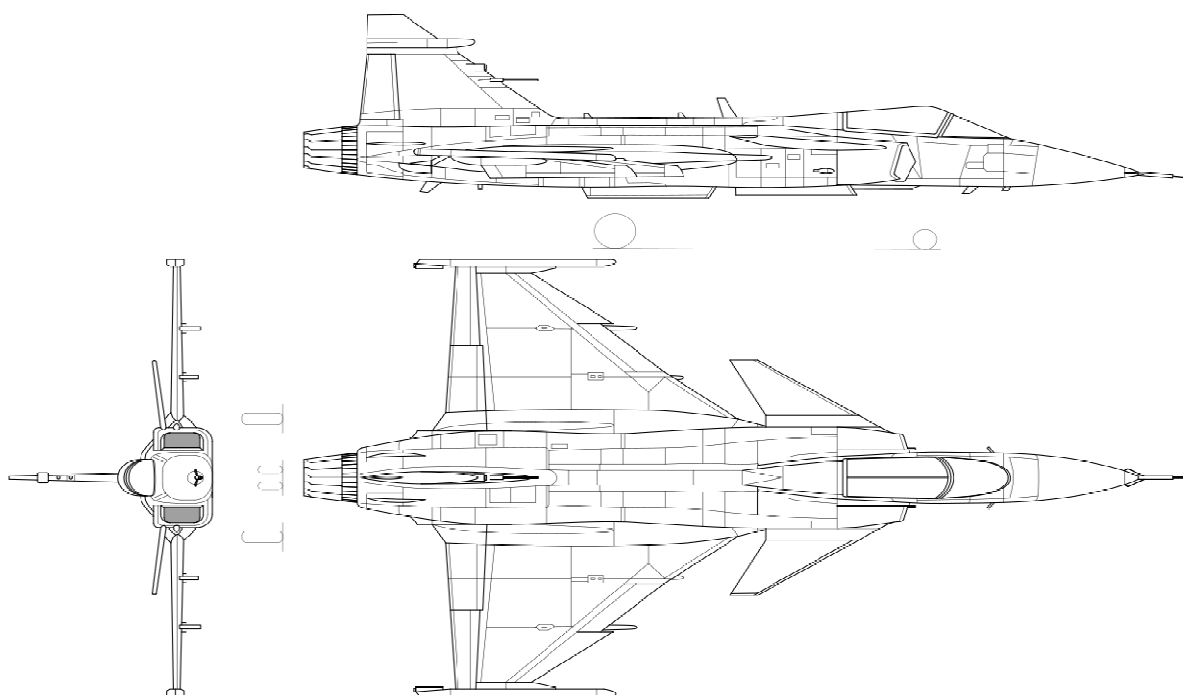
²⁰ Artykuł marketingowy firmy Saab, Highways as Runways? Here is How Gripen Leads the Way, <https://www.saab.com/markets/india/gripen-for-india/gripen-for-india/highways-as-runways-here-is-how-gripen-leads-the-way> [dostęp: 15.12.2024].

wansowane algorytmy takie jak Multiple Targets Tracking (MTT) lub Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN).

Dlatego bardzo istotny był rozwój detektorów fal radiowych (RWR), które były w stanie ostrzec pilota przed niebezpieczeństwem takim jak radarowe pociski powietrze-powietrze. Na przełomie czwartej generacji oraz generacji czwartej i pół mniej popularne stały się pociski powietrze-powietrze na podczerwień, a bardziej skupiono się na rozwoju pocisków kierowanych przy pomocy nowoczesnych radarów.

Za myśliwce generacji 4.5 uważamy nowsze późniejsze warianty myśliwców 4, takie jak szwedzki JAS 39 E/F z ulepszonym radarem i przyjaźniejszym interfejsem lub MiG-35, który jest ulepszoną wersją MiG-29. W myśliwcu wymieniono radar na Phazotron Zhuk-A/AE AESA oraz zainstalowano lepszą i bardziej niezawodną wersję silników FADEC RD-33MK²¹. Poprawiła się konstrukcja, przez co zmniejszyła się wykrywalność na radarze, dlatego też pojawiły się nowsze lepsze pociski powietrze-powietrze meteor czy też AIM-120 AMRAAM.

Podsumowując, myśliwce 4 generacji wprowadziły zaawansowaną elektronikę i manewrowość, natomiast 4.5 generacja zbliża się do cech 5. generacji, oferując lepsze systemy radarowe, ograniczoną technologię *stealth* oraz zwiększoną interoperacyjność w sieciocentrycznych środowiskach walki.



Rys. 8. Rzut przedni, górny i boczny myśliwca JAS 39 Gripen

Źródło: Szwedzki samolot wielozadaniowy JAS 39 Gripen., <https://ogigia.altervista.org/Portale/articoli/72-velivoli/311-il-velivolo-multiruolo-svedese-jas-39-gripen> [dostęp: 23.01.2025].

²¹ G. Mader, *What does the MiG-35 bring to air combat? Interview with Anastasia Kravchenko*, <https://www.defenceiq.com/air-forces-military-aircraft/articles/what-does-the-mig-35-bring-to-air-combat-interview-with-anastasia-kravchenko> [dostęp: 26.01.2025].

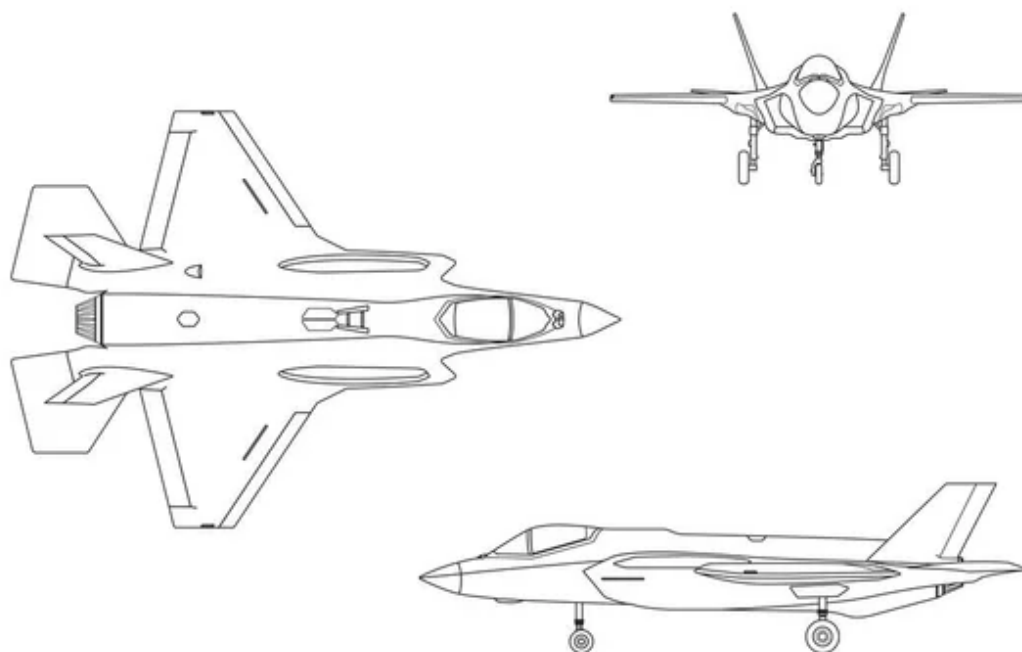
5. Piąta generacja od 2000 roku

Wraz z upowszechnieniem się niezawodnych radarów o większym zasięgu, producenci musieli zaprojektować myśliwce piątej generacji tak, aby posiadały jak najmniejszy przekrój radarowy, tzn. aby na radarze wyświetlały się jako ptak bądź owad, a nie jako samolot. Jest to obecnie kwintesencja sformułowania „niewykrywalne samoloty”. Termin ten jest jednak obecnie jedynie potoczny. Nie ma bowiem jeszcze samolotów kompletnie niewykrywalnych, istnieją jedynie trudno wykrywalne. Zminimalizowana wykrywalność jest główną cechą tych myśliwców, podporządkowane są jej wszystkie inne ich parametry. Najbardziej widoczny tego przejaw to uzbrojenie znajdujące się w zamkniętych komorach w kadłubie (tak jak podwozie) zamiast dotychczasowych podskrzydłowych podwieszanych „belkach”, bądź prowadnicach na krańcach skrzydeł. Spora część modeli V generacji ma zdecydowanie bardziej „kanciaste” kształty. Jest to jeden ze sposobów zmniejszenia widoczności na radarze, poprzez odbicie sygnału w dowolnym kierunku, tak aby nie trafiły z powrotem do radaru. W ten sposób radar niczego nie wychwytyje. Dodatkowo powłoki stanowią warstwy specjalnych farb, które pochłaniają sygnały radarowe. Dzięki temu nawet jeśli któreś z nich zostaną wysłane z powrotem do radaru, sygnał będzie zdecydowanie słabszy.

Samoloty V. generacji są czasem nazywane „latającymi komputerami”. Wynika to z faktu, że są one w dużym stopniu ucyfrowane. Zostały one w ten sposób zaprojektowane, aby można było stale aktualizować ich oprogramowanie, a dzięki temu stale zwiększać ich umiejętności bojowe. Zdecydowanie w większym stopniu niż poprzednie generacje posiadają one rozwinięte możliwości dzielenia się w czasie rzeczywistym danymi z pozostałymi oddziałami w powietrzu, na lądzie i w wodzie. Dzięki temu myśliwce V. generacji mogą nie tylko w rewolucyjny sposób prowadzić walkę w powietrzu (będąc zarazem praktycznie „niewidzialnymi” dla pilotów przeciwnika), ale pełnią także funkcję „oczu i uszu” dla jednostek wojsk bez względu na domenę ich działania. Lista myśliwców V. generacji nie jest specjalnie długa. Są na niej amerykańskie F-35 Lightning, F-22 Raptor, rosyjskie Su-57 oraz chińskie Chengdu J-20.

Lockheed Martin F-35 Lightning II został zaprojektowany dla nowej epoki w lotnictwie. Głównym założeniem towarzyszącym jego produkcji była redukcja kosztów. Miał on spełniać wymagania wielu rodzajów sił zbrojnych, a tym samym zastąpić kilka rodzajów maszyn jedną. Jednak pogodzenie ze sobą różnych wymagań stawianych przez lotnictwo, piechotę morską i marynarkę wojenną okazało się niemożliwe. Powstały więc trzy wersje, które mimo współdzielenia wielu elementów różnią się osiąganymi i możliwościami. Wersja F-35A ma zastąpić samoloty myśliwskie F-16 oraz szturmowe A-10. Wersja F-35B jest modelem dla piechoty morskiej. Posiada zdolność krótkiego startu i pionowego lądowania. Wersja F-35C jest wersją bazowania pokładowego, zbudowana na potrzeby marynarki wojennej.

Mimo wielu kontrowersji na temat technicznych możliwości F-35 zainteresowanie nim wykazują takie państwa jak: Australia, Belgia, Dania, Izrael, Japonia, Holandia, Norwegia, Polska, Republika Korei, Singapur, Turcja, Wielka Brytania i Włochy²².



Rys. 9. Rzut przedni, górny i boczny myśliwca F-35 Lightning

Źródło: Depositphotos.com, <https://depositphotos.com/pl/vectors/f-35.html?qview=137759422> [dostęp: 23.01.2025].

Samolot F-22 Raptor był projektowany w latach osiemdziesiątych, a jego seryjna produkcja ruszyła jeszcze w XX wieku i została zakończona ponad dekadę temu. Jest to amerykański myśliwiec przewagi powietrznej. Zaprojektowany został w dziale Skunk Works koncernu Lockheed (obecnie Lockheed Martin) według założeń wypracowanych podczas zimnej wojny. Miał być odpowiedzią na możliwości, jakie sowieckiemu lotnictwu zapewniały nowe wówczas konstrukcje Su-27 oraz MiG-29.

Prototyp F-22 pierwszy raz wzbił się w powietrze w 1990 roku. Siedem lat później rozpoczęto seryjną produkcję, która zakończyła się w 2011 roku. Łącznie z prototypami w tym czasie wyprodukowano 195 egzemplarzy.

Myśliwiec ten został zaprojektowany głównie do walki w powietrzu. Może osiągać oraz utrzymywać prędkość *supercruise*²³, a także jest bardzo zwrotny i zdolny do osiągnięcia

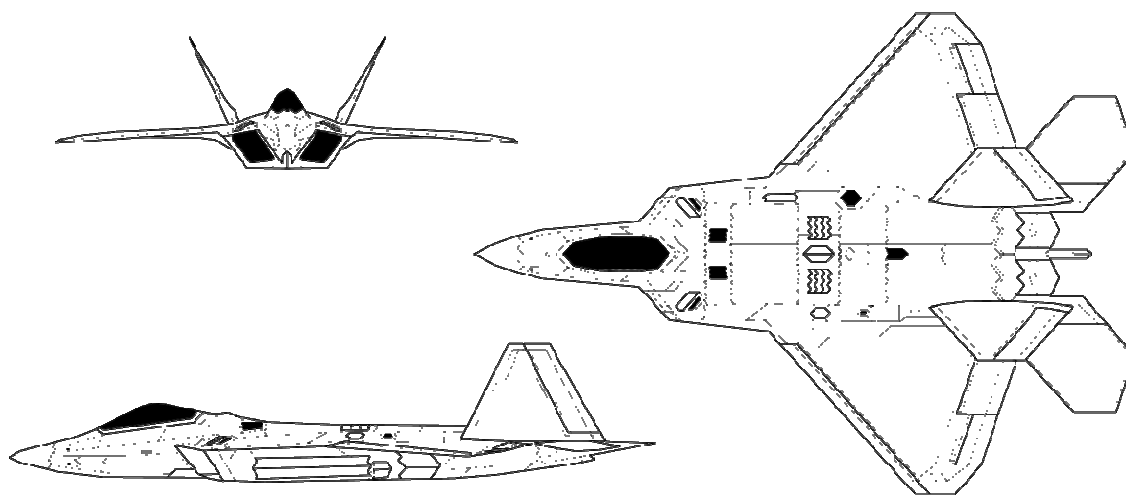
²² F-35-Lightning-II, Zespół Badań i Analiz Militarnych, <https://zbiarn.pl/artykuly/f-35-lightning-ii-2/> [dostęp: 10.12.2024].

²³ Ł. Michalik, F-22 Raptor. Przestarzały supersamolot amerykańskiego lotnictwa, WP tech, <https://tech.wp.pl/f-22-raptor-przestarzaly-supersamolot-amerykanskiego-lotnictwa,6969759518099968a> [dostęp: 14.12.2024].

wysokich kątów wznoszenia przy małych prędkościach. Jest on również trudno wykrywalny na radarach i termonamiernikach. F-22 jest maszyną jednomiejscową, dwusilnikową i zbudowaną z szerokim zastosowaniem tytanu. Samolot jest przystosowany zarówno do działań jako maszyna „stealth” – z uzbrojeniem umieszczonym w zamykanych, wewnętrz-kadłubowych komorach, jak również bez tych właściwości – z uzbrojeniem dodatkowo podwieszonym pod skrzydłami, co zwiększa echo radiolokacyjne samolotu.

Z początku samolot ten miał być wielozadaniowy i zastąpić kilka typów innych modeli, jednak ostatecznie z tego zrezygnowano i skupiono się na cechach kluczowych dla walki powietrznej. W ten sposób początkowo powstała maszyna o wąskiej specjalizacji. O dylematach dowództwa związanych z rolą Raptora dobitnie świadczą zmiany wokół jego nazwy. Prototypowy YF-22 stał się seryjnym F-22, jednak przed przyjęciem Raptora do służby przez krótki czas stosowano nazwę F/A-22, sugerującą zdolności uderzeniowe. Ostatecznie przyjęto nazwę F-22, podkreślającą myśliwski charakter samolotu. Jeszcze w latach 80. pracowano nad jego morską wersją, chciano bowiem, by Raptor był również standardem na amerykańskich lotniskowcach. Prace te jednak przerwano. Na bazie powiększonego płatowca F-22 miał także powstać samolot bombowy FB-22. Wszystkie te prace zostały jednak zaniechane. Raptor wszedł do służby jako myśliwiec przewagi powietrznej, jednak z czasem zyskał ograniczone zdolności w zakresie zwalczania celów naziemnych.

F-22 uznawane jest za ikonę lotnictwa: kwintesencję nowoczesności i przewagi, jaką amerykańskiemu lotnictwu zapewnia rozwój techniczny. Obecnie prawdopodobnie jest to najbardziej zaawansowany samolot swojej klasy na świecie, mający w walce powietrznej przewagę nad innymi konstrukcjami należącymi do V generacji. O przewadze tej świadczyć może fakt, że gdy w 2012 roku oficjalnie kończono produkcję, F-22 dalej miało przewagę nad samolotami, których produkcja dopiero ruszała.



Rys. 10. Rzut przedni, górny i boczny myśliwca F-22 Raptor

Źródło: Aerofred.com, https://aerofred.com/details.php?image_id=86189 [dostęp: 23.01.2025]

6. Podsumowanie

Historia powstawania myśliwców kolejnych pięciu generacji pokazuje rozwój technologiczny, dostosowanie do pola bitwy konkretnych czasów oraz eksperymenty związane z innowacyjnymi rozwiązaniami. Przykładowo usunięcie działek w latach 50. oraz zmiana geometria skrzydła w latach 70. okazały się pomysłami nieudanymi, a z kolei technologia *stealth* przyjęła się na dobre. Na przestrzeni 80 lat istnienia napędu odrzutowego zobaczyć można wyścig zbrojeń światowych mocarstw, nieustanne udoskonalanie samolotów i ciągłe zmiany, mające na celu jak najsilniejszą dominację w powietrzu.

Na podstawie powyższych analiz można wywnioskować, że:

- Rozwój myśliwców spowodował zmianę w strategii prowadzenia bitew powietrznych. Walki odbywające się w bliskim kontakcie przerodziły się w konflikty toczone na dalekim dystansie;
- Z biegiem czasu coraz bardziej liczyła się wielozadaniowość;
- Doświadczenia i informacje zdobyte podczas wielkich konfliktów zbrojnych, takich jak wojna w Wietnamie czy w Zatoce Perskiej, znacząco wpływały na kolejne projekty samolotów;
- Rozwiązania nieoptymalne są naturalnie wypierane przez takie, które zapewniają lepszą skuteczność w bitwie, opłacalność lub są zwyczajnie prostsze;
- Postępuje cyfryzacja lotnictwa wojskowego;
- Coraz bardziej liczy się niewykrywalność (*stealth*).

Literatura

1. Angelucci E. and Bowers P., *Amerykański myśliwiec*, The American Fighter, Orion Books, New York 1987.
2. Autostrady jako pasy startowe? Oto jak Gripen wytycza drogę, Highways as Runways? Here is How Gripen Leads the Way, Saab, <https://www.saab.com/markets/india/gripen-for-india/gripen-for-india/highways-as-runways-here-is-how-gripen-leads-the-way> [dostęp: 23.01.2025].
3. Baker D., *Wojownicy piątej generacji, Rozdział 1: „Geneza pokoleń”*, Fifth Generation Fighters, Chapter 1: „Genesis of the Generations”.
4. Banach M., *Saab J35 Draken – pierwszy zachodnioeuropejski myśliwiec naddźwiękowy*, Smartage.pl Portal ludzi ciekawych świata, <https://www.smartage.pl/saab-j35-draken-pierwszy-zachodnioeuropejski-mysliwiec-naddzwiekowy/> [dostęp: 16.12.2024].
5. Barto W. C., *Historia F-14A, The story of F-14A*, Aircraft No. 3, BuNo. 157982, The F-14 Tomcat Association, <https://www.f-14association.com/tales/the-story-of-f-14a-aircraft-no-3-bu-no-157982.html> [dostęp: 08.12.2024].
6. Butowski P., *Lotnictwo wojskowe Rosji.*, seria: *Ilustrowana encyklopedia techniki wojskowej*, Lampart, Warszawa 1997.
7. Czy chiński J-20 rywalizuje z innymi myśliwcami stealth?, Does China's J-20 Rival Other Stealth Fighters?, China Power, <https://chinapower.csis.org/china-chengdu-j-20/> [dostęp: 23.01.2025].

8. Dadura R., *Czym właściwie są generacje myśliwców? Te samoloty zmieniały oblicze konfliktów na całym świecie*, Spider's Web, <https://spidersweb.pl/2023/03/mysliwiec-piatej-generacji-generacje-lotnictwo.html> [dostęp: 16.12.2024].
9. Dassault-Breguet „Mirage III”, 1956, <http://www.samolotypolskie.pl/samoloty/766/108/Dassault-Breguet-Mirage-III> [dostęp: 16.12.2024].
10. Donald D. and Lake J., *Encyklopedia samolotów wojskowych z całego świata, Encyclopedia of World Military Aircraft*, Volume 1, AirTime.
11. Donald D., *F-14 Tomcat: Fleet Defender*, „World Air Power Journal” 1991, Vol 7.
12. Ecstatic Pixel, rzuty myśliwca North American F 100 Super Sabre <https://br.pinterest.com/pin/318207529926590835/> [dostęp: 23.01.2025].
13. F-100 Super Sabre, Muzeum Narodowe USAF, <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/195798/north-american-f-100d-super-sabre/> [dostęp: 10.12.2024].
14. F-14A Tomcat, Naval History and Heritage Command – National Naval Aviation Museum, <https://www.history.navy.mil/content/history/museums/nnam/explore/collections/aircraft/f/f-14a-tomcat.html> [dostęp: 10.12.2024].
15. F-35-Lightning-II, Zespół Badań i Analiz Militarnych, <https://zbiam.pl/artykuly/f-35-lightning-ii-2/> [dostęp: 10.12.2024].
16. F-4, Encyclopedia Britannica, <https://www.britannica.com/technology/F-4> [dostęp: 14.12.2024].
17. Fulghum D. and Barrie D., *F-22 znajduje się na szczycie japońskiej wojskowej listy życzeń, F-22 Tops Japan's Military Wish List*, Aviation Week and Space Technology, https://aviationweek.com/aw/generic/story_generic.jsp?channel=awst&id=news/aw042307p2.xml [dostęp: 03.11.2024].
18. General Dynamics F-111 Aardvark, Military Factory, https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=72 [dostęp: 23.01.2025].
19. Gloster Meteor T7, Planes of Fame Air Museum, <https://planesoffame.org/aircraft/plane-T-7> [dostęp: 10.12.2024].
20. Grumman F-14 Tomcat Variant Briefing, „World Airpower Journal” 1994, Vol. 19.
21. Hawker Siddeley Harrier/ AV-8A, Military Factory, https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=417 [dostęp: 23.01.2025].
<https://depositphotos.com/pl/vectors/f-35.html?view=137759422> [dostęp: 23.01.2025].
22. Jakie są generacje myśliwców odrzutowych?, What Are the Generations of Fighter Jets?, Hill Aerospace Museum, Hill Air Force Base-Utah, <https://www.aerospaceutah.org/what-are-the-generations-of-fighter-jets/> [dostęp: 14.12.2024].
23. Janowicz K., *Messerschmitt Me 262 Schwalbe – Przekleństwo Luftwaffe*, Zespół Badań i Analiz Militarnych, <https://zbiam.pl/artykuly/messerschmitt-me-262-schwalbe-przeklenstwo-luftwaffe/> [dostęp: 23.01.2025].
24. Jarslett Y., *Gloster Meteor*, Store Norske Leksikon, https://snl.no/Gloster_Meteor [dostęp: 16.12.2024].
25. Jarslett Y., *Messerschmitt Me 262*, Store Norske Leksikon, https://snl.no/Messerschmitt_Me_262 [dostęp: 16.12.2024].
26. Jarslett Y., *Tunnan*, Store Norske Leksikon, <https://snl.no/Tunnan> [dostęp: 16.12.2024].
27. Kaliński D., *Messerschmitt Me 262. Najnowocześniejszy samolot myśliwski II wojny światowej, Wielka Historia*, <https://wielkahistoria.pl/messerschmitt-me-262-najnowocześniejszy-samolot-mysliwski-ii-wojny-swiatowej/> [dostęp: 23.01.2025].
28. Lake J., *Grumman F-14 Tomcat*, AirTime, 2000.

29. Łukawski R., *Przewaga techniczna w lotnictwie myśliwskim w okresie II wojny światowej*, Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych, Warszawa 2017.
30. MacIsaac D., *Epoka odrzutowców*, The jet age, Britannica, <https://www.britannica.com/topic/air-warfare/The-jet-age#ref511435> [dostęp: 10.12.2024].
31. Mader G., Co MiG-35 wnosi do walki powietrznej?, What does the MiG-35 bring to air combat?, Interview with Anastasia Kravchenko, Defence IQ, <https://www.defenceiq.com/air-forces-military-aircraft/articles/what-does-the-mig-35-bring-to-air-combat-interview-with-anastasia-kravchenko>, [dostęp: 23.01.2025].
32. Makowski T., *Mirage III*, „Aero Technika Lotnicza” 1991, nr 7-8.
33. Marshall C., *Wspaniały, na skalę światową, samolot przechwytyjący*, The World's Great Interceptor Aircraft, Gallery Books 1989.
34. McDonnell Douglas F-4 Phantom II, Military Factory, https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=24 [dostęp: 16.12.2024].
35. McDonnell Douglas F-4 Phantom II, Muzeum Narodowe USAF, <https://www.nationalmuseum.af.mil/Visit/Museum-Exhibits/Fact-Sheets/Display/Article/196051/mcdonnell-douglas-f-4c-phantom-ii/> [dostęp: 14.12.2024].
36. Michalik Ł., *F-22 Raptor. Przestarzały supersamolot amerykańskiego lotnictwa*, WP tech, <https://tech.wp.pl/f-22-raptor-przestarzały-supersamolot-amerykańskiego-lotnictwa,6969759518099968a> [dostęp: 14.12.2024].
37. MiG-21 bis, nr boczny 8905, kod NATO „Fishbed”, Muzeum Sił Powietrznych w Dęblinie, <https://muzeumsp.pl/eksponaty/mig-21-bis-nr-boczny-8905-kod-nato-fishbed/> [dostęp: 14.12.2024].
38. Mikoyan-Gurevich MiG 23 (Flogger), Military Factory, https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=151 [dostęp: 16.12.2024].
39. Mirage F1, Dassault Aviation, <https://www.dassault-aviation.com/en/passion/aircraft/military-dassault-aircraft/mirage-f1/> [dostęp: 14.12.2024].
40. Mirage F1, Military Factory, https://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.php?aircraft_id=231 [dostęp: 16.12.2024].
41. Mitchell A., *Latająca trumna: pełna historia MiG-21*, The Flying Coffin: A Complete History Of The MiG-21, Simple Flying, <https://simpleflying.com/mig-21-history-guide/> [dostęp: 17.01.2025].
42. Nejman M., *Z serii „Spotkania przy samolocie”: Gloster Meteor*, dlapilota.pl, <https://dlapilota.pl/wiadomosci/muzeum-lotnictwa-polskiego/z-serii-spotkania-przy-samolocie-gloster-meteor> [dostęp: 16.12.2024].
43. Nejman M., *Z serii „Spotkania przy samolocie”: MiG-21*, dlapilota.pl, <https://dlapilota.pl/wiadomosci/muzeum-lotnictwa-polskiego/z-serii-spotkania-przy-samolocie-mig-21> [dostęp: 16.12.2024].
44. North American F-86 (myśliwce dzienne modeli A, E i F), North American F-86 (day-fighter A, E and F models), National Museum of the US Air Force, <http://web.archive.org/web/20140903161342/http://www.nationalmuseum.af.mil:80/factsheets/factsheet.asp?id=2297> [dostęp: 16.12.2024].
45. Opracowany radar śledzenia terenu, Terrain following radar developed, Texas Instruments Incorporated, <https://web.archive.org/web/20100331235205/http://www.ti.com/corp/docs/company/history/timeline/defense/1950/docs/58-terrain.htm> [dostęp: 14.12.2024].
46. Parsch A., *Niestandardowe oznaczenia statków powietrznych DOD*, „Non-Standard DOD Aircraft Designations”, <https://www.designation-systems.net/usmilav/nonstandard-mds.html> [dostęp: 23.01.2025].
47. Pike J., *Mirage F1 (Dassault-Breguet)*, Federation of American Scientists, <https://man.fas.org/dod-101/sys/ac/row/mirage-f1.htm> [dostęp: 23.01.2025].

48. Richardson D., *Grumman F-14 Tomcat*, Volume 8, Osprey Air Combat, Motorbooks International 1985.
49. Rzuty myśliwca Dassault Mirage, Historique du Dassault Mirage F1 CT, <https://heller-story.lebonforum.com/t1373-tiger60-dassault-mirage-f1-ct-1-72eme> [dostęp: 23.01.2025].
50. Rzuty myśliwca F-22 Raptor, Aerofred.com https://aerofred.com/details.php?image_id=86189 [dostęp: 23.01.2025].
51. Rzuty myśliwca F-35 Lightning, Depositphotos.com [dostęp: 23.01.2025].
52. Rzuty myśliwca Gloster Meteor, Aviastar.org https://aviastar.org/air/england/gloster_meteor.php [dostęp: 23.01.2025].
53. Rzuty myśliwca McDonnell Douglas F-4 Phantom II 1958, https://aviastar.org/air/usa/mcdonnel_phantom.php?p=2 [dostęp: 23.01.2025].
54. Rzuty myśliwca Saab 35 Draken, https://aviastar.org/air/sweden/saab_draken.php [dostęp: 23.01.2025].
55. Salomon M., *Jakie jest 5 generacji myśliwców?*, *What Are The 5 Generations of Fighter Planes?*, Aerocorner, <https://aerocorner.com/blog/the-five-generations-of-fighter-planes/#third-generation-8211-1960-to-1970> [dostęp: 10.12.2024].
56. Samolot myśliwski trzeciej generacji, 3rd Generation Fighter Aircraft, Military Factory, <https://www.militaryfactory.com/aircraft/3rd-generation-fighter-aircraft.php> [dostęp: 07.11.2024].
57. Samolot myśliwski, Fighter aircraft, Britannica, <https://www.britannica.com/technology/fighter-aircraft> [dostęp: 12.12.2024].
58. Samolot szturmowy, Attack aircraft, Britannica, <https://www.britannica.com/technology/attack-aircraft> [dostęp: 12.12.2024].
59. Shamsfakhr F., Macii D., Palopoli L., Corrà M., Ferrari A., Fontanelli D., *Algorytm wykrywania i śledzenia wielu celów na podstawie danych radarowych mmWave-FMCW, A multi-target detection and position tracking algorithm based on mmWave-FMCW radar data*, ScienceDirect, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224124006821> [dostęp: 23.01.2025].
60. Somero R., *Rzuty myśliwca F-14 Tomcat* https://www.researchgate.net/publication/268200739_Virginia_Tech_Morphing_Wing_Team_Fall_2004_Final_Report [dostęp: 23.01.2025].
61. Spector R. H., *Wojna w Wietnamie, Vietnam War*, Britannica, <https://www.britannica.com/event/Vietnam-War> [dostęp: 07.12.2024].
62. Stanzione K., *Inżynieria lotnicza i kosmiczna, Aerospace engineering*, Britannica, <https://www.britannica.com/technology/aerospace-engineering#ref257004> [dostęp: 12.01.2025].
63. Szwedzki samolot wielozadaniowy JAS 39 Gripen, ogigia.altervista.org <https://ogigia.altervista.org/Portale/articoli/72-velivoli/311-il-velivolo-multiruolo-svedese-jas-39-gripen> [dostęp: 14.02.2025].
64. Tandberg E., Jarslett Y., *Gripen*, Store Norske Leksikon, <https://snl.no/Gripen> [dostęp: 26.11.2024].
65. Tetera S., *Messerschmitt Me 262 Schwalbe – pierwsze doświadczenia operacyjne*, Magnum X, <https://www.magnum-x.pl/artukul/me262pierwszedoswiadczenia> [dostęp: 21.10.2024].
66. Voytek S, *Rzuty myśliwca Messerschmitt Me 262* https://pl.m.wikipedia.org/wiki/WikipedySta:Voytek_s/galeria [dostęp: 17.02.2025].
67. Wieliczko L. A., *JAS 39C/D Gripen*, „Militaria XX wieku” 2006, nr 2.
68. Wieliczko L. A., *SAAB 29 Tunnan. Część druga*, „Aero: magazyn lotniczy” 2006 nr 2, s. 40-51.
69. Wieliczko L. A., *SAAB 29 Tunnan. Część pierwsza*, „Aero: magazyn lotniczy” 2006, nr 1, s. 38-46.

70. Yoon J., *Generacje myśliwców, Fighter Generations*, <https://aerospaceweb.org/question/history/q0182.shtml> [dostęp: 23.01.2025].

Dane kontaktowe

Maksymilian Kuśka, mk316556@student.polsl.pl

Hanna Kałuża, hk316567@student.polsl.pl

Piotr Świstek, ps316607@student.polsl.pl

Mikołaj Stiebal, ms316620@student.polsl.pl

Julia Murzyn, jm316589@student.polsl.pl