

## OPÓŹNIONA PIĄTA GENERACJA. JAKI JEST ROSYJSKI SU-57? [OPINIA]

---

Rosja zdecydowała o zawieszeniu planów masowej produkcji myśliwców Su-57, choć proces jego rozwoju ciągle trwa. Wydaje się jednak, że część założeń, jakie leżały u podstaw projektu, była od początku nierealna. Prawdopodobne jest jednak, że Su-57 w końcu powstanie, w obecnej lub innej konfiguracji. Opóźnienia mogą spowodować, że dzisiejsze systemy elektroniczne i optoelektroniczne, część wyposażenia specjalnego, czy uzbrojenia, w wyniku rozwoju technologii będzie zapewne zmieniona w stosunku do pierwotnych założeń - dla Defence24.pl pisze Marek Dąbrowski.

Cały program rozwoju nowego ciężkiego myśliwca (a w zasadzie maszyny wielozadaniowej) w Rosji nosi oznaczenie PAK FA (Perspektiwnyj Awiacyonnyj Kompleks Frontowej Awiacyi lub fabryczne nadany symbol T-50), w drugiej połowie 2017 roku maszyna otrzymała oficjalne oznaczenie wojskowe Su-57. Za jego realizację odpowiada holding PAO Kompanija Suchoj współpracujący z licznymi firmami podwykonawczymi. **Czas, jaki wykonawca otrzymał na budowę maszyny od podstaw był nierealny, a program notuje obecnie duże opóźnienia (nieoficjalnie rozpoczęto go w 1998 roku). Rosyjski resort obrony poinformował niedawno, że po dostarczeniu pierwszej przedseryjnej partii 12 myśliwców plany pełnoskalowej (masowej) produkcji zostaną odłożone na bliżej nieokreśloną przyszłość.** Warto jednak szerzej zapoznać się z programem myśliwca.

W zasadzie Su-57 wywodzi się wprost z długiej linii ciężkich myśliwców zapoczątkowanej dobrze znanym Su-27, poprzez eksperymentalne maszyny takie jak Su-37 i Su-47 *Bierkut* (ze skrzydłami o ujemnym skosie).

Mocnym punktem jego pierwszej fazy rozwoju było zaangażowanie w projekt strony indyjskiej (rosyjsko-indyjski myśliwiec Fifth Generation Fighter Aircraft (FGFA)/Perspective Multirole Fighter (PFM) miał bazować na PAK FA). Oprócz wkładu finansowego Hindusi planowali zamówić dużą liczbę nowych maszyn. PFM (lub typ 79L) miał być wykonywany wspólnie przez Suchoja i hinduska firmę HAL. **Jednak od samego początku Rosjanie skutecznie blokowali stronie indyjskiej dostęp do danych z prowadzonych prób, czy adekwatny do wkładu udział w pracach konstrukcyjnych, a już na pewno do użytych technologii.** Stało się to powodem, dla którego Nowe Delhi zawiesiło udział w programie FGFA. Nie znaczy to, że Hindusi ostatecznie nie kupią docelowej, wymaganej przez siebie wersji lub po prostu Su-57. Decyzja o zawieszeniu współpracy to jednak mocny cios w całość programu.

**Czytaj też:** [Koniec rosyjsko-indyjskiego myśliwca. Indie wycofują się z FGFA](#)

Pierwsze maszyny różniły się konstrukcją płatowca pomiędzy sobą. Jest to szczególnie widoczne, gdy

porównamy piąty prototyp T-50-5 i kolejny, szósty T-50-6-2 (pomiędzy ich oblotami minęło prawie dwa i pół roku). Przypomnijmy, że egzemplarz testowy T-50-5 zapalił się na pasie startowym i musiał być oddany do remontu (ponad 16 miesięcy prac i nowe oznaczenie T-50-5R).

Trzy ostatnie prototypy różnią się też od poprzedników wzmocnioną wewnętrzną strukturą, wymianą części pokryć na wykonane z kompozytów, wydłużoną tylną częścią kadłuba ze zmienionym kształtem jej dolnej części. Dodatkowo zmodyfikowano niektóre pokrywy i końcówki skrzydeł. Wynikało to pośrednio z powstałych wcześniej pęknięć konstrukcji badanych prototypów i pojawiających się podczas prowadzenia prób problemów technicznych.

Dopiero dziewiąty prototyp T-50-9 ma zainstalowane wszystkie sensory i wyposażenie przewidziane dla maszyn seryjnych. W jego skład wchodzi głównie system kontroli broni (radioelektroniczny) Sz121 i optoelektroniczny system obserwacji 101KS Atoll. Wszystkie one są połączone i sterowane przez tzw. centralny system obliczeniowy.

Nadmienić również należy, że od początków 2014 roku prototypy są też testowane przez pilotów wojskowych. W 2016 roku po raz pierwszy użyto testowo uzbrojenia odpalonego z wewnętrznych komór samolotu.

**Czytaj też:** [Rosja rezygnuje z seryjnej produkcji Su-57 \[KOMENTARZ\]](#)

Sensacją było też ujawnienie na początku 2018 roku udziału Su-57 w zgrupowaniu lotnictwa rosyjskiego operującego nad Syrią. Oczywiście MO Federacji Rosyjskiej podawało, że samolot „sprawdził się” w wykonywaniu stawianych przed nim zadań (towarzyszące mu laboratoria i systemy pomiaru parametrów potwierdziły zachowanie wymaganych charakterystyk), natomiast nie wiadomo nic o tym, jakie one były. **Na pewno ten krótki epizod miał wydźwięk propagandowy, polityczno-gospodarczy, czy - po prostu - marketingowy.** Nie udało się jednak utrzymać Indii w projekcie, i - zgodnie z niedawnym oświadczeniem rosyjskiego ministerstwa obrony - samolot nie trafi na razie do pełnoskalowej produkcji seryjnej.



Samo zakończenie pierwszego etapu prób i rekomendacja wykonania partii wstępnej zostały określone w protokole podpisanym w drugiej połowie w 2017 roku. Potwierdzono wtedy również właściwe zachowanie stateczności i sterowności samolotu przy prędkości poddźwiękowej, na małych i dużych wysokościach lotu oraz na zakrytych kątach natarcia.

Pierwotnie nowe myśliwce miały wejść do służby już w 2016 roku. Pierwsza ich partia miała zostać skonfigurowana tak, jak obecnie testowana najnowsza maszyna, jednak kolejne miały być poddawane dalszym modyfikacjom. Do zakończenia fazy badawczo-rozwojowej powstać miały jeszcze trzy prototypy. Do niedawna rozpoczęcie produkcji seryjnej planowano od 2019 roku, tak by rok później odebrać pierwszą partię przedseryjnych 12 maszyn (w zapisach zawartych w Państwowym Programie Uzbrojenia do 2020 roku podawana była liczba 60 egzemplarzy). Jak na razie wygląda na to, że zakończy się na tych dwunastu myśliwcach. Po deklaracji rosyjskiego resortu obrony o zawieszeniu masowej produkcji wprowadzenie myśliwca przesuwają się na bliżej nieokreśloną przyszłość.

Jedną z oficjalnych przyczyn takiego stanu rzeczy są rosnące możliwości Su-35S, którego charakterystyki są – według oficjalnych danych - zbliżone do tych reprezentowanych przez Su-57 (oprócz właściwości *stealth*). Rosyjskie MO zamówiło już 98 tych myśliwców, a dodatkowo też 116 zmodyfikowanych Su-30SM. **Nieoficjalnie wiadomo jednak, że olbrzymie nakłady, wycofanie się Indii i wysokie koszty zakupu i kolejno eksploatacji skutecznie hamują dalsze postępy prac.** Do tego dochodzą ciągle napotykanne problemy techniczne.

**Czytaj też:** [Myśliwce Su-35 za 60 mld rubli. Rosyjskie lotnictwo nie wierzy w PAK-FA?](#)

Z dostępnych analiz wynika, że łączny koszt zakupu i eksploatacji ciężkiego, dwusilnikowego Su-57 może być znacznie wyższy, niż w wypadku F-35. Jeżeli chodzi o plany zakupu maszyn, to do niedawna podawane konkretne liczby stopniowo malały, a docelowa wersja z silnikami *Saturn* (Izdjelije 30) oraz innymi modyfikacjami (roboczo określanymi jako model PAK FA 2.0) miała być dostępna po 2020 roku. Okazuje się jednak, że masowa produkcja myśliwca przesuwają się na nieokreśloną przyszłość, i jak na razie zostanie wprowadzona jedynie pierwsza przedseryjna partia 12 maszyn.

### „Dostępne dane” myśliwca

W przypadku danych taktyczno-technicznych, różne źródła podają inne parametry. Tak jak to już zaznaczono, kolejne prototypy różnią się między sobą, a część planowanych komponentów jest w międzyczasie zastępowana innymi (nowszymi) rozwiązaniami.

Ogólnie Su-57 ma mieć rozpiętość 14,1 metra, długość 20,1 metra i wysokość 4,6 metra. Masa własna maszyny ma wynosić 18 000 kg, startowa normalna 25 000 kg, a maksymalna 35 000 kg. Prędkość maksymalna jest szacowana na Ma 2.0, naddźwiękowa przelotowa Ma 1,3, a zasięg maksymalny ma wynosić 3500 km (przy prędkości naddźwiękowej do 1500 km).

Samolot zbudowany został z zachowaniem właściwości *stealth*, część ekspertów uważa, że Rosjanie wyraźnie wzorowali się w zakresie struktury i rozwiązań płatowca na amerykańskim F-22A *Raptor*. Oczywiście, sami Rosjanie podkreślają wysokie charakterystyki samolotu w zakresie obniżonej wykrywalności przez systemy radiolokacyjne. W rzeczywistości na temat materiałów użytych do

budowy samolotu i zastosowanej technologii obniżającej skuteczną powierzchnię odbicia wiemy jednak niewiele. Nieoficjalnie mówi się, że jest ona dużo mniej efektywna niż podobne rozwiązania zastosowane w samolotach amerykańskich.

W tym miejscu należy dodać, że niektórzy eksperci uważają jednak, iż kosztowne samoloty posiadające właściwości *stealth* będą miały znaczną przewagę jeszcze jedynie przez kolejnych pięć do dziesięciu lat. Wynika to nie tylko z rozwoju techniki radiolokacyjnej (w tym radarów pracujących na niskich częstotliwościach, czy radarów kwantowych), ale i coraz większego znaczenia systemów optoelektronicznych w procesie wykrywania i naprowadzania uzbrojenia (obecnie zapewniają one zasięgi wykrycia przekraczające 100 km). Poza tym (jak już zaznaczono) obsługa samolotów *stealth* jest czaso- i pracochłonna (konieczne jest utrzymanie w odpowiednim stanie materiałów poszycia i zachowanie powłoki malarskiej), co dodatkowo niekorzystnie wpływa na całkowity stosunek koszt-efekt.

Su-57 napędzają jak na razie silniki AL-41F-1 (Izdielije 117), czyli zmodyfikowane jednostki AL-31F napędzające stare Su-27 (unowocześniono sprężarki i oprzyrządowanie oraz cyfrowy system sterowania FADEC). Pierwszy demonstrator nowego silnika Izdielije 30 (prawdopodobne oznaczenie AL-41FU) został uruchomiony na stanowisku naziemnym pod koniec 2016 roku. Ma on osiągać ciąg 19 ton (zmodyfikowane AL-41F-1osiągają 14,9 tony), mieć dłuższe okresy międzyremontowe oraz niższe koszty eksploatacji i zużycie paliwa.

Pierwotne plany mówiły o wyprodukowaniu do 2025 roku 150 silników Izdielije 117 i 340 Izdielije 30. Jak na razie pozostały tylko planami, bo właśnie nowe silniki są jedną z głównych przyczyn znacznego opóźnienia programu (szacuje się, że tak naprawdę mogą być gotowe dopiero za pięć do dziesięciu lat). **Proces ich rozwoju od początku nękany był problemami finansowymi, a także brakiem wsparcia odpowiednio dobranymi badaniami w zakresie materiałoznawstwa, termodynamiki itp. Sama marketingowa zmiana oznaczenia „starego silnika” również miała swój niewątpliwý udział w opóźnieniu projektu.**

Co prawda, niedawno oblatano już prototyp napędzany nowymi jednostkami, ale sam oblot nie oznacza jeszcze spełnienia stawianych przez WKS wymagań, a do tego dochodzą i te związane z zapewnieniem odpowiedniej ekonomiki eksploatacji.

**Manewrowość samolotu polepsza zastosowanie kierowania wektorem ciągu, czyli zdolność do różnicowego kierowania strumienia powietrza i gazów wylotowych wyrzucanych z dwóch zamontowanych silników.** Maszyna może dzięki temu utrzymać się w sterowanym locie przy stałym kącie natarcia rzędu  $60^{\circ}$ , a nawet przejściowo do  $180^{\circ}$ . Różne są przy tym poglądy co do użyteczności w walce takiego rozwiązania.

Natomiast niektórzy piloci myśliwscy uważają, że nowoczesny samolot powinien mieć dużą prędkość przelotową i możliwość operowania na wysokim pułapie. Takie parametry dają mu przewagę nad potencjalnym przeciwnikiem w czasie rozpoczęcia procedury ataku oraz obrony przed nim. Dwusilnikowy myśliwiec na średnim i wysokim pułapie ma w tym zakresie lepsze charakterystyki niż np. jednosilnikowe maszyny.

Inna istotna cecha maszyny dwusilnikowej (o odpowiednio dobranej mocy silników) to korzystniejszy współczynnik ciągu do masy, a przez to i większa manewrowość. Jest on np. w stanie zachowywać manewrowość przy prędkościach nawet poniżej 100 km/h, co jest często wykorzystywane w manewrowej walce powietrznej.





FOT. KREMLIN.RU

Na razie zastosowany system radioelektroniczny Sz121 składa się z radiolokatora N036 *Biełka* i systemu walki elektronicznej L402 *Gimałai* (*Himalaje*).

Radar H036 z pięcioma antenami typu AESA rozmieszczono w sposób dający całkowity kąt obserwacji w przedniej półsfery 270° (po 135° w każdą stronę od osi wzdluznej samolotu). Najwieksza antena przednia (owal o dlugosci ok. 90 cm i szerokosci 70 cm sklada sie z 1552 moduluw nadawczo-odbiorczych) moze byc odchylana o ok. 15° do gory. Dwie mniejsze boczne N036B (skladajace sie z 358 moduluw) o podobny kąt ku dolowi. Natomiast dwie N036L zamontowano w noskach skrzydel z przeznaczeniem do prowadzenia identyfikacji „swój-obcy” i wykrywania celow powietrznych.

Trzy przednie anteny sa zakresu X (3 cm), a dwie pozostale zakresu L (10 cm). Zakres L pozwala na prowadzenie walki z samolotami *stealth* (dluzszy zakres fal daje mozliwosc ich wykrywania, ale z mniejsza dokladnoscia). Zakres X ma ograniczenia w wykrywaniu samolotow *stealth*, ale po wstepnym namierzeniu przez anteny zakresu L mozna juz dokladnie za jego pomoca naprowadzac uzbrojenie. Dodatkowo, w podwieszonym zasobniku ma byc przenoszony radar zakresu milimetrowego (pasmo Ku).

Su-57 moze sledzic do 60 statkow powietrznych w maksymalnych odleglosciach do 400 km (oczywiscie na takich odleglosciach moga to byc wyklacznie bardzo duze maszyny) i naprowadzac uzbrojenie na 16 z nich. System rozpoznania i walki elektronicznej L402 wyposazono we wlasne anteny, ale gdy pracuje w zakresach czestotliwosci radiolokatora wykorzystuje anteny N036.

Natomiast system optoelektroniczny 101KS *Wozduch* zapewnia pelna kontrole przestrzeni wokol samolotu w zakresie optycznym oraz obrone przed atakami rakietowymi. W jego sklad wchodzi przedni celownik na podczerwiec 101KS-W (zabudowany przed kabiną pilota), cztery ultrafioletowe czujniki ostrzegajace o ataku rakietowym 101KS-U/01 i 101KS-U/02 (dwa pierwsze sa zamontowane

po bokach, z tyłu kabiny pilota, natomiast dwa pozostałe na grzbiecie i pod przodem kadłuba) oraz dwie półkule/stacje 101KS-O (prawdopodobnie służące do zakłóceń pocisków naprowadzanych na podczerwień). Dodatkowo w jego skład wchodzi niewielki termowizor 101KS-P *Posadka*, którego zadaniem jest wsparcie lotu na małej wysokości oraz fazy lądowania maszyny. W samolotach seryjnych 101KS-W może zostać zastąpiony innym celownikiem OLS-50.

Wszystko to wspierać ma podwieszany zasobnik nawigacyjno-celowniczy 101KS-N (*Naziemnyj*). Ma on stabilizowaną platformę z kamerami TV i termowizyjną (zakresu 3-5µm), dalmierz laserowy, wskaźnik celu oraz czujnik wykrycia podświetlenia laserowego.

Sam pilot korzystać ma ze zintegrowanego hełmu ZSz-10, ale nie wiele wiadomo o jego możliwościach, wobec czego trudno jest porównać to rozwiązanie chociażby z HMDS od F-35.

Stosunkowo niewiele wiemy o możliwościach samolotu w zakresie szybkiej transmisji danych i samej współpracy z innymi maszynami rosyjskiego lotnictwa. Nie wiadomo jest, czy wielka liczba pozyskiwanych danych z zamontowanych, licznych sensorów i czujników jest w należyty sposób przesyłana i skutecznie obrabiana (np. czy pasma przesyłowe są na tyle szerokie, by pomieścić te informacje, a centralny system obliczeniowy ma moc wystarczającą do ich przetwarzania w czasie bieżącym).

Dla Su-57 przygotowano szeroki wachlarz uzbrojenia. Część przenoszonych pocisków to znane już konstrukcje, inne mają być specjalnie dedykowane nowej maszynie (tak by mogła ona je przenosić w wewnętrznych komorach uzbrojenia). Samolot będzie miał 12 węzłów podwieszeń, w tym sześć w wewnętrznych komorach uzbrojenia.

Stałe uzbrojenie to 30 mm działko GSz-301 9A1-4071K zamontowane w kadłubie. Z pocisków „powietrze-powietrze” można wymienić R-27EP, R-77-1 czy R-74M2. Ten drugi w stosunku do bazowej wersji R-77 ma zmodernizowaną aktywną głowicę samonaprowadzania 9B-1348-1 z mocniejszym przełącznikiem oraz poprawiona aerodynamikę (zasięg maksymalny ponad 110 km). Trwają też prace nad kolejną modyfikacją R-77M (Izdielije 180) z nową aktywną radiolokacyjną głowicą samonaprowadzania, mocniejszym silnikiem i konwencjonalnymi płaskimi sterami (zamiast dotychczasowych kratownicowych). Jeszcze inna wersja R-77M1 charakteryzować się będzie zwiększonym zasięgiem do 160 km dzięki zastosowaniu „nowoczesnego” silnika. **Ostatnie informacje mówią też o integracji z Su-57 rakiet powietrze-powietrze dalekiego zasięgu R-37M, o zasięgu ponad 200 km, pierwotnie opracowanych dla zmodernizowanych MiGów-31, ale wdrażanych na nowe maszyny.**

Inne przenoszone rakiety to Ch-38M, Ch-35UE, bomby KAB-250/500 i 1500, pocisk *Brahmos-NG*, czy Ch-31 AD/PD.

Korporacja Takticzeskoje Raketnoje Woorużenije (KTRW) opracowuje rodzinę trzech pocisków typu „powietrze-ziemia” przeznaczonych do przenoszenia w wewnętrznych komorach uzbrojenia tego samolotu. *Grom* (Izdielije 80) to w zasadzie dwie wersje – *Grom-1* czyli rakietka i *Grom-2* jako bomba szybująca. Opracowano go na podstawie doświadczeń i samej konstrukcji (kadłub z dodanym modułem z rozkładanymi skrzydłami i rozsuwanym usterzeniem) modułowego taktycznego pocisku kierowanego Ch-38M (Izdielije 65). *Grom-1* ma masę startową 520 kg (głowicy bojowej 250 kg), a *Grom-2* przenosi już głowicę bojową o masie 380 kg. Rakietka jest naprowadzana inercjalnie z korekcją przez odbiornik systemu nawigacji satelitarnej i w wersji kierowanej może mieć zasięg ponad 70 km.

Inna rakietka to taktyczny pocisk samosterujący Ch-59Mk2, uznawana przez Rosjan za odpowiednik pocisku *Storm Shadow* od MBDA. Ma ona kadłub skrzydniowy o przekroju kwadratowym a same rozmiary (4,2 m długości, 40 cm szerokości i wysokości) dokładnie pasują do komór Su-57. Na

grzbiecie tego pocisku zainstalowano rozkładane skrzydło o rozpiętości 2,45 metra, a usterzenie składa się z czterech odchylanych stateczników. Na system naprowadzania (zapożyczono go od strategicznego pocisku Ch-555) składa się nawigacja bezwładnościowa, odbiornik satelitarny GPS/Glonass a w końcowej fazie lotu optoelektroniczny układ korelacyjny porównujący teren z mapą zapisaną w pamięci rakiety (dokładność trafienia 3-5 metrów i zasięg ponad 300 km).

Natomiast najnowszy przeciwradiolokacyjny pocisk sterowany Ch-58USzKE(TP) ma zamontowane w stosunku do znanego Ch-58U dwa czujniki termowizyjne (zwiększenie efektywności celowania i uzyskanie dodatkowych informacji o celu). Pocisk ten ma zasięg 245 km (odpalony z wysokości 20 tys. metrów), osiąga do 4200 km/h prędkości i przenosi głowicę bojową o masie 149 kg.

## Podsumowanie

Su-57 miał być dla Rosjan przeciwwagą dla F-22A i F-35. Odmienne niż miało to miejsce w przypadku F-22A, od początku projektowano go nie tylko do pełnienia roli ciężkiego myśliwca obrony powietrznej, ale i maszyny wielozadaniowej. **Same założenia czasowe realizacji programu zaplanowano zbyt optymistycznie, a opóźnienia pogłębiły kolejne problemy techniczne napotkane na drodze projektowania i badań (trzeba podkreślić, że Rosjanie mieli dotychczas niewielkie doświadczenia w opracowywaniu maszyny klasy *stealth*).**

Informacja o wstrzymaniu planów produkcji jest kolejnym potwierdzeniem problemów i opóźnień. Strona indyjska (mająca chyba największy wgląd w dotychczasowy przebieg prac) podaje, że silnik Su-57 jest zawodny, radiolokator nieodpowiedni i że źle zaprojektowano widzialność z kabiny pilota. Krytyce poddawane są też właściwości związane z niższą wykrywalnością samolotu przez radiolokatory. Ponadto Indie szacują, że ostateczna cena jednostkowa dopracowanego Su-57 będzie bardzo wysoka. Możliwe jest, że za taką oceną stoi złe doświadczenie ze współpracy z Rosjanami, czy niewielki udział inżynierów indyjskich w dotychczasowym procesie rozwoju maszyny.

W ZSSR, a następnie w Rosji powstało (opracowano prototypy) wielu maszyn, które w pewien sposób wprowadzały rewolucję w obszarach ich militarnego zastosowania. Przykładem może być choćby Mig-31 z jego systemem kierowania uzbrojeniem i pierwszy raz na świecie zastosowaną stacją radiolokacyjną *Zastón* ze skanowaniem elektronicznym PESA (Passive Electronically Scanned Array). Innym przykładem są seryjne myśliwce wyposażone w kierowanie wektorem ciągu silnika. Z drugiej strony, choć często poprawnie aerodynamicznie dopracowane konstrukcje mają doskonałe właściwości manewrowe, to jednocześnie maszyny te napędzają nieekonomiczne silniki, słabe jest ich wykonanie a już najgorzej prezentuje się ich wyposażenie. Poziom zaawansowania systemów elektronicznych czy optoelektronicznych lub zastosowanych powłok/materiałów redukujących sygnaturę radiolokacyjną jest niższy niż zachodnich odpowiedników, a nałożone sankcje gospodarcze nie sprzyjają poprawie tej sytuacji i zdobyciu nowych zdolności (czy chociażby unikalnych/krytycznych komponentów do własnych rozwiązań).

Nie wiadomo też, czy to co dziś często określane jest jako największe zalety maszyn takich jak F-35, F-22 czy Su-57, czyli właściwości *stealth*, szerokie możliwości zastosowanych zamontowanych radiolokatorów AESA, możliwość prowadzenia walki elektronicznej, czy zabudowa nowoczesnych stacji optoelektronicznych, okaże się w dalekiej przyszłości najważniejsze na polu walki. Obecnie jednym z największych problemów, z jakim muszą się zmierzyć inżynierowie projektujący myśliwiec kolejnej generacji, jest redukcja emitowanego przez taką maszynę ciepła. Związane to jest właśnie przede wszystkim z coraz szerszym zastosowaniem sensorów termicznych w różnych systemach wykrywania i naprowadzania uzbrojenia. Wzrost mocy urządzeń pokładowych wymagać będzie coraz intensywniejszego chłodzenia.

Przykładowo, nowo projektowana dla takich maszyn broń laserowa wykorzystuje tylko ok. 33%

generowanego ciepła do uformowania wiązki, a reszta zostaje odprowadzana na zewnątrz, znacznie powiększając sygnaturę termiczną maszyny. Dlatego pracuje się np. nad systemami redystrybucji ciepła, które może być ponownie wykorzystane do napędu agregatów i instalacji płatowca. Drugim poważnym wyzwaniem wobec współczesnych maszyn staje się zapewnienie im coraz bardziej wydajniejszego, własnego systemu walki elektronicznej.

Z drugiej jednak strony powstają i inne maszyny, podobne w założeniach do myśliwców V generacji, jak japoński myśliwiec nowej generacji ATD-X/X-2, koreański KFX, turecki TFX, czy wprowadzony już do eksploatacji chiński J-20. Ich rozwój świadczy nie tylko o chęci „dorównania najlepszym”, ale i o uzyskaniu dzięki rozwojowi właśnie myśliwców stealth korzyści polityczno-gospodarczych w przyszłości. W USA powstała też koncepcja stworzenia samolotu bojowego „szóstej generacji” dla US Navy, określanego roboczo jako F/A-XX.

Jednak możliwe jest, że drogie i skomplikowane maszyny załogowe zastąpione będą w realizacji niektórych zadań przez specjalistyczne BSP. Częściowo autonomiczne w działaniu, wyspecjalizowane „podniebne roboty” mogłyby wykonywać zadania obecnych maszyn załogowych taniej, być może skuteczniej, a na pewno bezpieczniej dla pilotów.

W MO Federacji Rosyjskiej powstały już plany pozyskania kolejnej maszyny nowej generacji określanej kryptonimem *Ochotnik*. Będzie to bezzałogowy aparat rozpoznawczo-bojowy dużego zasięgu, wstępnie oznaczony przez koncern Suchoj jako S-70. Określany jako samolot „szóstej generacji” S-70 *Ochotnik-B* ma mieć masę ponad 10 000 kg (nieoficjalnie startowa masa maksymalna miała by wynosić do 20 000 kg) i prędkość maksymalną w granicach 1000 km/h.

O prawdziwej efektywności Su-57 będzie się można przekonać dopiero podczas jego realnej konfrontacji z równoważnymi przeciwnikami (oby do tego nigdy nie doszło). **Normalna eksploatacja pokaże też prawdziwe koszty związane z użytkowaniem tej maszyny. W praktyce ich dokładna ocena będzie możliwa dopiero po wprowadzeniu większej liczby myśliwców, co zostało odłożone na nieokreśloną przyszłość.** I na koniec warto zauważyć, że oprócz prezentacji prototypów i ich wyposażenia/uzbrojenia, Rosjanie mało mówią o przygotowaniach systemu szkolenia dla nowych samolotów (nowoczesnych symulatorach czy trenażerach), taktyce ich wykorzystania na polu walki, zasadach współpracy z innymi maszynami, czy systemami naziemnymi oraz uwarunkowaniami związanymi z samą codzienną eksploatacją.