

AZ OROSZ SZU-35SZ ÉS SZU-57 VADÁSZREPÜLŐGÉPEK SZEREPE A 21. SZÁZADI LÉGI HADVISELÉSBEN

Összefoglalás: A jelenkori légi hadviselés korszakában az orosz Szuhoj Szu-57 és Szu-35S vadászpilóta nélküli repülőgépek prominens technológiai fejlesztéseket képviselnek, különös tekintettel a manőverezőképesség, radarészlelés és többcélú harci alkalmazás területén. Ez a tanulmány átfogó elemzést ad a két modell tervezési filozófiájáról, harci képességeiről és stratégiai szerepéről a 21. századi légi hadviselésben. A kutatás alapját műszaki adatok elemzése, valamint szakértői értékelések képezik, különös tekintettel a Szu-57 ötödik generációs jellemzőire (pl. stealth technológia, MI-alapú rendszerek, mint amilyen az IUSz-57 integrált információs és vezérlőrendszer) és a Szu-35S kiterjesztett elektronikai hadviselési képességeire. Az alkalmazási területek sajátosságainak megfigyeléséből az a megállapítás nyer teret, mely szerint a Szu-57 a csapásmérő-megelőző feladatokra optimalizált, míg a Szu-35S továbbra is az orosz légierő gerincét képezi a légi fölény biztosításában. A két repülőgép együttes szerepe segít megérteni Oroszország integrált légiharc-stratégiáját.

Kulcsszavak: Szu-57, Szu-35S, ötödik generációs vadászgép, lopakodó technológia, légi hadviselés, elektronikai hadviselés

Abstract: In the era of modern aerial warfare, the Russian Su-57 and Su-35S fighter aircraft represent prominent technological advancements, particularly in the fields of manoeuvrability, radar evasion, and multirole combat deployment. This study offers a comprehensive analysis of the design philosophy, combat capabilities, and strategic significance of both models in 21st-century air combat operations. The research is based on the analysis of technical data specifications and expert assessments, with special emphasis on the fifth-generation features of the Su-57 (e.g. stealth technology, AI-based systems) and the Su-35S's extended electronic warfare capabilities. Observations regarding their respective operational roles suggest that the Su-57 is optimized for strike and preemptive missions, whereas the Su-35S continues to form the backbone of the Russian Air Force in securing air superiority. The combined role of these two aircraft provides insight into Russia's integrated air combat strategy.

Keywords: Su-57, Su-35S, fifth-generation fighter, stealth technology, aerial warfare, electronic warfare

BEVEZETÉS

A 21. század katonai doktrínái új kihívások elé állítják a haditechnikai fejlesztések rendszerét, kiváltképp a nagyhatalmak közötti erőegyensúly és a korszerű hadviselés térnyerése kapcsán. Ezen kihívásokra adott válaszként jelentek és jelennek meg az ötödik generációs vadászpilóta nélküli repülőgépek, melyek jelentős figyelmet kapnak nem csupán technikai, hanem stratégiai szempont-

ból is. A Szu-57 és a modernizált, 4++ generációs Szu-35S típusok az Oroszországi Föderáció két meghatározó légi eszköze, amelyek eltérő, ugyanakkor egymást kiegészítő szerepet töltenek be az ország légvédelmi struktúrájában. A Szu-35S és a Szu-57 fejlesztése visszanyúlik a szovjet korszak harcászati repülőgép-fejlesztési időszakába. A Szu-35S közvetlen elődje a Szu-27M típus volt, amely már az 1980-as évek-

ben új direktívát jelölt ki a légi fölényt biztosító repülőgépek terén. A 2000-es évek elején indult el a 4++ generációs modernizáció folyamata, melynek eredménye a jelenkori Szu-35S, fejlett hajtóművekkel, átdolgozott elektronikával és korszerű radarrendszerrel. A Szu-57 azonban egészeiben új fejlesztésként jelent meg a PAK FA¹ program keretében, célja pedig egy abszolút ötödik generációs, alacsony észlelhetőségű, többfeladatú harcászati repülőgép megalkotása volt.

Az orosz légierő jelenleg a világ egyik legnagyobb harciszülőgép-flottáját működteti, [1] amely méretét tekintve Kína után a második legtöbb légi járművel rendelkezik. Az orosz hadsereg hatványozottan nagyobb hangsúlyt fektet az elfogó vadász repülőgépekre, mint a legtöbb nyugati ország, amelyek inkább – más szemlélet alapján – kisebb, illetve könnyebb típusokat alkalmaznak. A Szovjetunió összeomlását követően Oroszország elsősorban az említett jellemzőkkel rendelkező harci repülőgépek fejlesztésére és fenntartására koncentrált, miközben fokozatosan kivonta a vadászre-

* PhD, alezredes, NKE HHK Repülésirányító és Repülő-hajózó tanszék, egyetemi docens.
ORCID:
0000-0001-8583-0799

** Őrnagy, NKE KMDI, doktorandusz. ORCID:
0009-0000-7501-9871

¹ PAK FA: Front Légierő Perspektivikus Repülőkomplexuma (Перспективный авиационный комплекс фронтовой авиации).



pülőgépeinek és vadászbombázóinak javát – jelesül a MiG–21bis, MiG–23, MiG–27, MiG–29 és a Szu–22 típusokat, melyek korábban többszázas nagyságrendben szolgáltak a légierőben. A MiG–25 nagy távolságú elfogóvadászok gyorsan kikerültek a hadrendből magas üzemeltetési költségeik miatt, ezáltal az ország nem tudta fenntartani a hidegháborús időszakban meglévő katonai légiflottájának jóformán

a felét sem. Ez idő alatt folyamatosan zajlottak a fejlesztések, és törekedtek az új, korszerű platformok bevezetésére, hogy a légierő hadrafoghatósága és a leendő kihívásokra adandó válasza eredményes legyen. [2]

A SZU–35SZ REPÜLŐGÉP

2014-ben az orosz légierő megkezdte a Szu–35-ös légifölény-vadászgép rendszeresítését, amelyet az oroszok

a világ első 4++ generációs repülőgépeként tartanak számon, és kifejezetten az amerikai Lockheed Martin F–22 Raptor vadászpülő légi fölénységnek ellensúlyozására fejlesztettek ki. A Szu–35-ös típus (1. ábra) a Szu–27-es vadászpülőgép továbbfejlesztésének tekinthető, amely nemcsak konstrukciós alapjaiban, hanem rendeltetésében és megjelenésében is közvetlenül kapcsolódik elődjéhez.

1. ÁBRA. Szu–35 felszállása
(Forrás: Shutterstock) [5]

1. TÁBLÁZAT. A Szu–35 főbb műszaki adatai (A szerzők szerkesztése a [7] alapján)

Jellemző	Adat	Jellemző	Adat
Személyzet [fő]	1	Maximális sebesség 18 000 méter magasságon [km/h]	2400 (Mach 2,25)
Törzhosszúság [m]	21,9	Maximális sebesség tengerszinten [km/h]	1400 (Mach 1,13)
Szárnyfeszítávolság [m]	15,3	Utazósebesség (szupercirkáló) közepes magasságon [km/h]	1170 (Mach 1,1 felett)
Magasság [m]	5,9	Hatótávolság (nagy magasságban) [km]	3600
Szárnyfelület [m ²]	62	Hatótávolság (tengerszinten) [km]	1580
Aerodinamikai profil [%]	5	Harci hatósugár (belső tartállyal) [km]	1600
Üres tömeg [kg]	19 000	Átrepülési távolság (külső póttartályokkal) [km]	4500
Felszállótömeg (50% belső üzemanyaggal) [kg]	25 300	Szolgálati csúcsmagasság [m]	18 000
Maximális felszállótömeg [kg]	34 500	Maximális túlterhelés (g-limit) [g]	+9
Üzemanyagtartály kapacitása (belső) [kg]	11 500	Emelkedési sebesség [m/s]	280
Hajtóművek	2 db Szaturn AL–41F1Sz utánégetős sugárhajtómű	Szárnyterhelés (50% üzemanyaggal) [kg/m ²] (teljes üzemanyaggal) [kg/m ²]	408 500,8
Tolóerő [kN]	86,3 utánégetéssel: 137,3 vészüzemben: 142,2	Tolóerő/tömeg arány (50% üzemanyaggal) (teljes üzemanyaggal)	1,13 0,92

2. ÁBRA. Szu-47 előre
nyilazott szárnyú
kísérleti repülőgép [9]



A Szu-35 számos fejlett technológiával és berendezéssel rendelkezik, amelyekkel a nyugati és kínai vetélytársakat igen nagy kihívás elé állítja. A típus főbb fejlesztései közé sorolható a jelentős fegyverterhelés (akár 12–14 db légiharc-rakéta függeszthetősége), a háromdimenziós tolóerő-vektorálásra képes, nagy teljesítményű AL-41 típusú hajtóművek alkalmazása, valamint a saját radarkeresztmetszet (Radar Cross Section – RCS) nagy mértékű csökkenése az eredeti Szu-35Sz-hez viszonyítva. A Szu-57 radar keresztmetszete átlagosan 0,1 és 1 m² között van, ami jelentős, 10-100-szoros csökkenést jelent a korábbi Szu-27-es típushoz képest, amelynek RCS értéke körülbelül 10-15 m² volt. Emellett a repülőgép korszerűsített avionikai rendszerrel, fejlett elektronikai hadviselési berendezésekkel, infravörös érzékelőkkel és a nagy hatótávolságú Irbisz-E típusú felderítőradarral van felszerelve, amely képessé teszi több mint 400 km-es távolságból kisebb vadászrepülőgépek detektálására, valamint akár 80 km-ről lopakodó repülőgépek követésére is. Az új fegyverrendszerek, különösen az R-37M nagy hatótávolságú légiharc-rakéták, valamint a nagyrészt kompozit anyagból készült, könnyebb és tartósabb repü-

lőgép-sárkányszerkezet mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a Szu-35 a világ egyik vezető légifőlénny-vadászrepülőgépévé válhasson. [3] (1. táblázat)

A Szu-35Sz az orosz légierő számára gyártott T-10BM típusú vadászrepülőgép hadrendbe állított változata, amelyben az „Sz” a Sztrojevoj (harci) kifejezés rövidítése, a típus NATO-kódneve Flanker-M. A belső fejlesztési dokumentációban Szu-35BM néven is ismert a típus – utalva a „bolsaja modernizacija” (nagyarányú modernizáció) koncepcióra –, melynek oka az, hogy a Szu-27 konstrukción alapjaira épült, jelentős mértékben tovább fejlesztve azt. A Szu-35Sz kiemelkedő manőverezőképeséggel rendelkezik: akár $n_y = +9$ g túlterheléssel is repülhet, valamint extrém nagy állásszögek elérése sem jelent problémát a repülőgép számára. A típust olyan fejlett fedélzeti avionikai és számítástechnikai rendszerekkel szerelték fel, amelyek növelik a helyzetfelismerés és a légi harc hatékonyságát. A repülőeszközbe egy Irbisz-E típusú korszerű, fázisvezérelt antennájú radart (AESA) integráltak, mely képes nagy távolságról légi célok felderítésére, továbbá fejlett adatfeldolgozó rendszerek támogatják a harctéri döntéshozatal folyamatát. Az orosz légierő 2009 au-

gusztusában rendelt meg 48 darabot a típusból, amelyek leszállítása 2015-ig fejeződött be. A gyártást a Szuhoj repülőgépgyár 2009 novemberében kezdte meg, és az első példányt 2011 augusztusában adták át a 929. számú Állami Repülőpróbaközpontnak a típusrepülési tesztek végrehajtására. 2012 decemberében az orosz védelmi minisztérium további hat darab, sorozatgyártású Szu-35Sz-t vett át. 2015-ben Kína is szerződést kötött 24 darab beszerzésére, saját légierője számára. [4]

A SZU-35 REPÜLŐGÉP HARCI TAPASZTALATAI

A Szu-35Sz típusú repülőgépek első harci bevetésére 2016 januárjában került sor, amikor Oroszország négy ilyen eszközt vezényelt Szíriába. A telepítés hátterében a török-orosz diplomáciai feszültségek húzódtak meg, amelyek egy orosz Szu-24-es harcászati-bombázó 2015 novemberi lelövése után erősödtek. A bevetések során több technikai problémát is azonosítottak, különösen az avionika területén, jóllehet ezeket a kinyert adatok és tapasztalatok alapján hamar megoldották. A repülőgépek és pilótáik földi célok elleni bevetéseken irányítható fegyvereket használtak, bár kisebb előfor-



3. ÁBRA. MiG 1.44
kísérleti
vadászpilóta [8]

dulással hagyományos szabadesésű bombák alkalmazását is megfigyelték. 2019-ben a típus több légvédelmi elfogási műveletben is részt vett Szíria légterében. Augusztus 20-án két Szu-35S vadászgép elfogott két török F-16-os repülőgépet Idlib térségében, míg szeptember 10-én izraeli repülőgépek légicsapását akadályozták meg Dél-Szíria felett. Szeptember 19-én hasonló módon léptek fel izraeli légi járművekkel szemben Damaszkusz térségében, majd október 15-én egy török F-16-ost kényszerítettek visszavonulásra, amely a Szíriai Demokratikus Erők állásait próbálta támadni. Az elfogási műveletek sora november 12-én folytatódott, amikor ismét több ellenséges repülőgépet észleltek és semlegesítettek a szíriai légterben.

A Szu-35S a 2022-ben kezdődött orosz-ukrán háború során is részt vett bevetésekben, ahol azonban a légvédelmi rendszer fejlettsége jelentős kihívást jelentett. Az ukrán erők több Szu-35 repülőgépet is lelőt-

tek 2024 elején. A Szu-35S radarjának és rakétáinak nagy hatótávolsága jelentős előnyt biztosít az ellenséggel szemben, de a jelenkori légvédelmi rendszerek (pl. Patriot, NASAMS, IRIS-T, Sz-300) miatt kénytelenek voltak alacsonyabb repülési magasságot választani, ami megnövelte sebezhetőségüket. [6]

A SZU-57 REPÜLŐGÉP

Míg a Szovjetunió eredetileg a MiG 1.44-es² (3. ábra) és a Szu-47-es (2. ábra) fejlesztését preferálta az amerikai ötödik generációs lopakodó vadászpilóták elleni versenyben, addig Oroszország egy még nagyobb léptékű repülőgép megalkotására törekedett, amelyet később – egyelőre csak koncepció szintjén – hatodik generációs vadászpilótként kívánt hadrendbe állítani.

Ezt a típust 2017 júliusában Szu-57 néven mutatták be (5. ábra), és előállításhoz olyan újszerű technológiákat alkalmaztak, amik az orosz állítások

szerint sem a Szu-35-ösben, sem más országok ötödik generációs vadászpilótáiban nem találhatók meg. Ezek közé tartoznak a lézeres védelmi rendszerek, a fejlett döntéstámogató algoritmusok alkalmazása, a hiperszonikus aero-ballisztikus rakéták, a lézervegyverek, valamint az anti-gravitációs öltözetek, melyek fejlesztése jelenleg is zajlik annak érdekében, hogy a repülőgép-vezetők nagyobb túlterheléseket bírjanak elviselni és még összetettebb manővereket hajthassanak végre. A Szu-57 (NATO-kódja Felon, az első fejlesztési fázisban a Szuhov tervezőiroda által használt belső kódja T-50 volt) a két hajtóműves, lopakodó technológiával rendelkező, többcélú harcászati repülőgép műszaki adatai a 2. táblázatban láthatók. A típus a PAK FA-program keretében készült, amelyet 1999-ben indítottak el a Mikojan projekt 1.44/1.42 korszerűbb és költséghatékonyabb alternatívájaként. A Szu-57 mint az első orosz lopakodó vadászpilóta, a tervek

² Az „1.42” program kidolgozása az 1970-es évek végén kezdődött, amikor a jövő vadászpilótájával szemben támasztott követelményeket meghatározták. A témafelelős Rosztiszlav Beljakov, a főtervező Georgij Szedov lett (később Jurij Vorotnyikov váltotta fel). Az SZKP Központi Bizottságának Politikai Bizottsága és a Szovjetunió Minisztertanácsa 1986-ban elfogadott zárt közös határozata meghatározta az MFI-program (МФИ – многофункциональный фронтовой истребитель), egy multifunkcionális vadászpilóta tervezésének főbb szakaszait és határidőit. 2000. február 29-én szállt fel először az RSZK MiG (Orosz Repülőgépgyártó Vállalat) kísérleti vadászpilóta, az „1.44-es termék” néven ismert eszköz, amelynek létezését egészen a közelmúltig szigorúan titkosnak minősítették. A tesztrepülésre a Moszkva melletti Zsukovszkij városában található M. Gromov Repülés-kutató Intézet repülőterén került sor.



4. ÁBRA. A Szu-57 vadászpilóta nélküli repülőgéptípus AL-41F1 típusú tolóerővektoros hajtóműve (Forrás: Shutterstock)

szerint egy egész lopakodó harci repülőgépcsalád alapját képezte. A repülőgép alkalmas légi harcra, valamint szárazföldi és tengeri célok elleni csapásmérésre egyaránt. Főbb jellemzői közé tartozik a már említett alacsony észlelhetőség, a szupermanőverezhetőség, a szupercirkálás (képes tartósan a hangsebesség felett repülni, utánégető nélkül), az integrált avionika és a nagymértékű hasznos teherbírás. A Szu-57 várhatóan leváltja a MiG-29-es és a Szu-27-es típusokat az orosz haderőben, továbbá exportpiacra is terveznek gyártani a típusból. Az első prototípus 2010-ben repült, azonban a program a különféle

szerkezeti és műszaki problémák miatt jelentős késedelmeket szenvedett, amelyek között szerepelt egy sorozatgyártású példány megsemmisülése is. Végül az első Szu-57-es 2020 decemberében állt szolgálatba az orosz légierőnél. [10]

A Szovjetunió felbomlását követő pénzügyi hiány miatt az addig tervezett fejlesztési programok nem, vagy csak kis mértékben valósultak meg, és egy részüket végül a magas költségek miatt törölték. Ezalatt az orosz védelmi minisztérium egy új, következő generációs vadászpilóta nélküli repülőgép-programon kezdett dolgozni 1999-ben PAK FA néven, amelynek pályázatát 2001 áprilisában hirdették meg. A tervezőirodák közül a Szuhoj megközelítése a PAK FA verseny során alapvetően eltért a Mikojanétól. Míg a Mikojan azt javasolta, hogy a három tervezőiroda (Mikojan, Szuhoj és Jakovlev) konzorciumként működjön együtt, és a nyertes csapat irányítsa a fejlesztést, addig a Szuhoj már a kezdetektől saját magát jelölte meg vezető tervezőként. Javaslatuk egy olyan átfogó együttműködési megállapodást tartalmazott, amely a teljes fejlesztési és gyártási folyamatra kiterjedt, beleértve a hajtómű- és repüléstechnikai beszállítókat, vala-

mint a kutatóintézeteket is. Emellett az első két vállalat eltérő tervezési filozófiát képviselt a repülőgéppel kapcsolatban: a Mikojan E-721 kisebb és költséghatékonyabb volt, 16-17 tonnás normál felszállótömeggel két Klimov VK-10M hajtóművel, amelyek egyenként 98,1–108 kN tolóerőt biztosítottak. Ezzel szemben a Szuhoj javaslata T-50 néven nagyobb méretű és teljesítményű repülőgép volt, 22-23 tonnás normál felszállótömeggel, valamint egy pár Ljulka-Szaturon AL-41F1 hajtóművel, amelyek egyenként 142 kN maximális tolóerőt szolgáltatnak. [11]

A vadászpilóta nélküli repülőgép tervezésekor a lopakodó képesség mellett kiemelt figyelmet fordítottak az ún. szupermanőverező képességre és a tágas belső hasznos fegyvertérre, amik lehetővé teszik a többfeladatú alkalmazást, valamint a fejlett szenzorrendszerekre és ezek integrációjára a magas szintű automatizáltság érdekében. A Szu-57 tervezése során a Szuhoj tervezőiroda az amerikai Lockheed Martin F-22-t tekintette egy lehetséges mintának egy szupermanőverező (képes rendkívül éles és dinamikus manővereket végrehajtani a repülőgép tolóerővektoros hajtóműveinek és statikus instabilitásának kombinációjából adódóan) lopakodó vadászpilóta nélküli repülőgép alapmodelljeként, ugyanakkor foglalkozott az általa vélt hiányosságokkal is. Ezek közé tartozott a tolóerővektorálás korlátossága (egy tengelyen mozog és túlzottan szinkronizált), a fegyverek mérete a hajtóművek között, ami csökkentette a hasznos teher kapacitását. Utóbbi korlátozott volt, amely elsősorban a légiharc-rakétákra fókuszált, jelentős tényezőként járult hozzá, hogy a Szuhoj a PAK FA programban végül eltért az F-22-es tervezésénél alkalmazott alapelvektől. A Szu-57-et már a kezdetektől többfeladatú repülőgépnek tervezték, jelentős belső hasznos terhelhetőséggel, amely lehetővé teszi több nagy méretű levegő-föld fegyver hordozását. Utóbbiakat két tandem elrendezésű fegyverek között helyezték el a géptörzsben a hajtóműgondolák között, valamint kisebb oldalsó rekeszekben, a szárnybekötésnél található burkolatok alatt. A belső fegyvertárolás megszünteti a



5. ÁBRA. Szu-57 meredek emelkedésben [12]



5. ÁBRA.
Szu-57 kötelék [16]

külső pilonok okozta légellenállást, így a repülőgép nagyobb teljesítményt ér el, miközben megőrzi alacsony észlelhetőségét. [13] A szerkezeti anyagok túlnyomó része alumínium- és titánötvözet, de az integrált kompozit anyagok aránya is jelentős: a szerkezeti tömeg 22–26%-át, valamint a külső burkolat mintegy 70%-át teszik ki, optimalizálva ezzel a repülőgép tömegét és tartósságát. [14] A sárkányszerkezet kialakítása a rádióhullámok szétszórását segíti elő, míg a kompozit anyagok azok elnyelését biztosítja, ezáltal nehezen észlelhetők a radarok számára.

A Szu-57 az első olyan orosz vadászpilóta, amelynek tervezésében kiemelt szerepet kapott a lopakodó képesség, és többféle technológiát alkalmaz a radarészlelhetőség csökkentésére. Az F-22-hez hasonlóan a kialakítása során különös figyelmet fordítottak a radarkeresztmetszet (RCS) minimalizálására. Ennek érdekében a repülőgép felületi élei – például a szárnyak és vezérsíkok be- és kilépő-élei – gondosan megtervezett szögben találkoznak, így korlátozva a radarhullámok visszaverődési irányainak számát. A fegyvereket belső fegyverterekben helyezték el, az antennákat pedig a géptörzs kontúrájába integrálták, ezzel is hozzájárulva az alacsony észlelhetőség megőrzéséhez. Emellett a radarelnyelő bevonatok (RAM – Radar Absorbing Material) alkalmazása

csökkenti a radarjelek visszaverődését, tovább növelve a légi jármű rejtőzködő képességét. Az egyik legnagyobb radarkeresztmetszetet képviselő hajtómű árnyékolása érdekében a légbeömlő csatornák falait szintén RAM-mel vonták be, továbbá a részben rejtett beömlőnyílások elfedik a hajtómű kompresszorának első részét. A megmaradó látható hajtómű-

felületet egy ferde rácsszerkezet takarja, amely megoldás hasonló elven működik, mint a Boeing F/A-18E/F típusnál alkalmazott rendszer.

A pilóta feje, sisakja, illetve a műszerfal paneljei is jelentős radarvisszaverő felületek. A „Have Glass” technológia a gép radarvisszaverő felületének további csökkentését célozza. A fülketető kap egy speciális

2. TÁBLÁZAT. A Szu-57 főbb műszaki adatai (A szerzők szerkesztése az [5] alapján)

Jellemző	Adat
Személyzet	1 fő
Hosszúság	20,1 m
Szárnyfesztávolság	14,1 m
Magasság	4,6 m
Szárnyfelület	78,8 m ²
Tömeg (üres)	18 000 kg
Normál felszállótömeg	kb. 25 000 kg
Max. felszállótömeg	35 000 kg
Üzemanyagtartály (belső)	10 300 kg
Hajtóművek	2 × Szaturn AL41F1 utánégetős
Tolóerő (száraz / utánégetővel)	88,3 kN/142,2 kN
Max. sebesség (magasan)	Mach 2 (~2469 km/h)
Szupercirkálási sebesség	Mach 1,6 (~1975 km/h)
Hatótávolság (szubszonikus)	kb. 3500 km
Szuperszonikus hatótávolság	kb. 1500 km
Átrepülési távolság	kb. 4500 km – külső tartályokkal
Szolgálati csúcsmagasság	20 000 m
G-terhelés	+9 g
Tolóerő/tömeg (AL-41F1)	1,02 (1,19 küldetés közbeni)



6. ÁBRA. Szuhoj Szu-57 PAK FA 5. generációs lopakodó vadászgép az Army 2020 katonai kiállításon Moszkvában (Forrás: Shutterstock)

festést, amely egy aranyrétegből, ezen pedig indium és ónoxid rétegből áll. Az így létrehozott bevonat nem engedi át a radarhullámokat, hanem visszaveri és szétszórja azokat. Mérések szerint ez 15–30%-kal csökkenti a repülőgép által visszavert radarhullámokat, miközben védelmet nyújt az ultrahibolya sugárzás és a hőhatások ellen egyaránt. A sárkányszerkezet-borítás illesztésének gyártási tűréshatárai jelentősen szigorúbbak, mint a korábbi orosz vadászrepülőgépeknél, ezáltal tovább javítva a lopakodó jellemzőket. A repülőgép formai kialakítása és a RAM-bevonatok együttes hatásának eredményeként a sorozatgyártott Szu-57-es radar keresztmetszete mintegy harmincadrésze a Szu-27-ének. A Szuhoj által a T-50 lopakodó jellemzőire benyújtott szabadalmi dokumentáció az átlagos RCS-érték $0,1\text{--}1\text{ m}^2$ közötti szintre csökkentését jelöli meg célként, szemben a Szu-27 körülbelül $10\text{--}15\text{ m}^2$ -es RCS-értékével. A Szu-57 tervezése elsősorban az elülső szekcióban elhelyezkedő radarforrások elleni lopakodó képességekre koncentrál, míg a hátsó törzsszakasz formája kevésbé optimalizált a radarészlelhetőség csökkentésére. Ez részben költségcsökkentési megfontolásokat tükröz, másrészt a géptípus orosz alkalmazási doktrínájából következik, amely szerint az ilyen repülőeszközök a saját integrált légvédelmi rendszerek védelmi zónáján belül üzemelnek. [15]

A SZU-57 REPÜLŐGÉP HARCITAPASZTALATAI

A Szu-57-es típus harci alkalmazása eddig korlátozott mértékben valósult meg, de több fontos tapasztalat már így is rendelkezésre áll. Az első éles környezetben történő bevetésre 2018 februárjában került sor Szíriában, ahová két példányt telepítettek a Hmeimim légitámaszpontra. A cél a repülőgép fedélzeti rendszereinek tesztelése, a fegyverekeszből történő fegyverindítás gyakorlása, valamint az elektronikai hadviselési képességek vizsgálata volt. Valós harci érintkezésre ugyanakkor nem került sor. A 2022-ben kirobbant orosz–ukrán háború során a Szu-57-et ismét bevetették, ezúttal éles hadművelleti környezetben. A típus felhasználása továbbra is megfontolt, jellemzően nagy távolságból végrehajtott precíziós csapásokkal, elektronikai zavaró műveletekkel, valamint koordinációs és felderítő szerepkörben alkalmazták. A Szu-57 nem hatol be mélyen ellenséges légtérbe, ehelyett a saját légvédelmi zóna oltalma alatt tevékenykedik, ami megfelel az orosz légiharc-doktrína alapelveinek.

Az eddigi harci tapasztalatok alapján a repülőgép kiemelkedően teljesített a radarcsoökkentő technológiák, a fedélzeti elektronikai rendszerek és a többfunkciós alkalmazhatóság terén. Ugyanakkor a típussal kapcsolatos korlátokat is meg kell említeni: a gyártott példányok száma továbbra

is alacsony, a teljes ötödik generációs képességek (például mesterségesintelligencia-alapú koordináció vagy rajban történő pilóta nélküli együttműködés) még fejlesztés alatt állnak és a hosszú távú üzemeltetési tapasztalatok hiányosak. A Szu-57 jelenlegi szerepe kettős: egyrészt technológiai demonstráció és rendszerintegrációs platform, másrészt nagy értékű, precíziós bevetésekre alkalmas harcászati eszköz. A típus jövőbeli harci potenciálját várhatóan a darabszám növekedése és a kapcsolódó rendszerek ki-forrotsága határozza meg. [17]

ÖSSZEGZÉS

A Szu-57-es ötödik generációs vadászrepülőgép hivatalosan 2020-ban állt szolgálatba, miután a beszerzési ütemtervet az orosz védelmi minisztérium 2019-ben felgyorsította. Szakértők körében felmerültek kétségek a negyedik generációs Szu-35-ös rendszerben tartásának indokoltságáról, továbbá kérdések vetődtek fel a Szu-30SzM – egy olcsóbb és technológiailag kevésbé fejlett típus – gyártásának folytatásával kapcsolatban is, különösen annak tükrében, hogy a Szu-57 már hadra fogható állapotba került. Ezzel szemben a Szu-35, a Szu-30, sőt a Szu-27 modernizált változatai a közeljövőben nem kerülnek kivonásra. A Szu-35 továbbra is olyan típusnak számít, amely képességeit tekintve versenyképes a legtöbb nyugati vadászgéppel szemben, beleért-

ve az F-15EX változatot is. A típus modernizációja napirenden van: az egyik legjelentősebb potenciális fejlesztési irány a Szu-57 számára kifejlesztett AESA (Active Electronically Scanned Array – aktív fázisvezérelt) radar integrációja. A szíriai hadszíntéren 2016-tól kezdődően szerzett gyakorlati tapasztalatok alapján már kisebb tervezési és rendszerszintű módosításokat is végrehajtottak a típuson. Ezek hozzájárultak a harcászati értékének és megbízhatóságának növeléséhez.

A Szu-35 stratégiai jelentőségét tovább növeli, hogy mind gyártási, mind üzemeltetési költségei lényegesen alacsonyabbak, mint a Szu-57 új generációs lopakodóé. Ennek köszönhetően az orosz légierő képes nagyobb darabszámú, többfeladatú vadászpilóta nélküli hadrendben tartására anélkül, hogy teljes mértékben a költségesebb ötödik generációs típusokra kellene hagyatkoznia. A Szu-35 és a Szu-57 együttes alkalmazása lehetővé teszi az optimális egyensúly megteremtését a harci képességek és a mennyiségi lefedettség között. Ez a kombinált erőalkalmazási modell összhangban áll más nagyhatalmak – például az Egyesült Államok és

a Kínai Népköztársaság – haditechnikai gyártási gyakorlatával is. Az USA az F-22 Raptor mellett továbbra is jelentős számban rendszeresíti korszerűsített F-15EX típusokat, míg Kína az ötödik generációs J-20 Mighty Dragon vadászgépek mellé negyedik generációs változatokat – mint a J-11D és a J-16 – integrál, melyek fenntartási költségei kedvezőbbek. Oroszország ehhez hasonlóan hibrid összetételű repülőgépparkot alkalmaz, figyelembe véve mind gazdasági, mind technológiai realitásait. A Szu-57 fejlesztése során elsődleges célként a jövőbeni fenyegetések elleni védelmi képességek biztosítása szerepelt. Emellett a típus olyan komplex hadműveleti feladatok végrehajtására is alkalmas, mint például hiperszonikus ballisztikus fegyverek alkalmazása nagy hatótávolságú tengeri célok ellen. Ezáltal a Szu-57 kiemelt jelentőséggel bír Oroszország haderőfejlesztési és modernizációs stratégiájában.

Bár a Szu-57 és a Szu-35 eltérő feladatokat töltenek be, működésük kiegészítő jellegű, és egymás harcértékét erősítik. A két típus együttes alkalmazása lehetővé teszi a különböző hadszíntéri kihívásokhoz való rugalmas

sabb alkalmazkodást. Ugyanakkor továbbra is kérdéses, hogy Oroszország a Szu-57-es jelenlegi konfigurációját nagy számban rendszeresíti-e. A hivatalosan megrendelt mennyiség, 76 darab viszonylag alacsonynak tekinthető egy ilyen technológiai fejlettségű típus esetében. Potenciálisan a típusfejlesztés inkább a további modernizált változatok felé mozdul el, hasonlóan a korábbi Szu-27-es program evolúciójához. Ezek alapján várható, hogy a Szu-57-ből a 2030-as évek elejére megjelennek újabb variánsok, esetleg Szu-60 vagy Szu-65 típusjelzéssel, amelyek a jelenlegi modellnél szélesebb körben alkalmaznak fejlett kompozit anyagokat, korszerűbb alacsony észlelhetőségű megoldásokat, modernizált érzékelő- és fedélzeti elektronikai rendszereket, valamint új fejlesztésű hajtóműveket. A jövőbeli típusváltozatok várhatóan jelentős harcászati előnyt biztosítanak majd a negyedik generációs Szu-35-höz képest, mely arra utal, hogy hosszú távon a továbbfejlesztett Szu-57 platformok beszerzése és hadrendbe állítása képezi Oroszország stratégiai fejlesztéspolitikájának egyik legfontosabb pillérét. [2]

HIVATKOZÁSOK

- [1] 2025 Russia Military Strength. Globalfirepower.com https://www.globalfirepower.com/country-military-strength-detail.php?country_id=russia (Letöltve: 2025.07.12.)
- [2] Force Index: Su-35 vs. Su-57: Why Russia Needs Both to Effectively Modernise its Air Superiority Fleet. Militarywatchmagazine.com, 2020.07.15. <https://militarywatchmagazine.com/article/su-35-vs-su-57-why-russia-needs-both-to-effectively-modernise-its-air-superiority-fleet> (Letöltve: 2025.07.08.)
- [3] Rocco: F-22 vs Su-35. Aerocorner.com. <https://aerocorner.com/comparison/f-22-vs-su-35/> (Letöltve: 2025.07.08.)
- [4] Rostec State Corporation Delivers New Sukhoi Su-35S Fighter Jets to Russian Air Forces. Militaryleak.com, 2023.06.26. <https://militaryleak.com/2023/06/26/rostec-state-corporation-delivers-new-sukhoi-su-35s-fighter-jets-to-russian-air-forces/?amp=1> (Letöltve: 2025.07.09.)
- [5] Растегин, Александр (2018): Су-35С или Су-57: что важнее для ВКС России? Army-news.ru, 2024.01.30. <https://web.archive.org/web/20181119173624/https://army-news.ru/2018/01/su-35s-ili-su-57-cto-vazhnee-dlya-vks-rossii/> (Letöltve: 2025.07.15.)
- [6] Анатолий: Российские Су-35 перехватили два турецких F-16, заставив их сбежать. Avia.pro, 2019.08.20. <https://avia.pro/news/rossiyskie-su-35-perehvatili-dva-tureckih-f-16-zastaviv-ih-sbezhat> (Letöltve: 2025.07.09.)
- [7] Sukhoi Knaapo: Su-35 Multifunctional Super-Maneuverable Fighter. Knaapo.ru, 2013.09.21. https://web.archive.org/web/20130921083835/http://www.knaapo.ru/media/eng/about/production/military/su-35/su-35_buklet_eng.pdf (Letöltve: 2025.07.10.)
- [8] MiG-1.42 és 1.44. <https://www.legibazis.hu/repules/1950/orosz/mig-144.html> (Letöltve: 2025.07.09.)
- [9] Why was the Sukhoi Su-47 Berkut never adopted for service? <https://aviation.stackexchange.com/questions/33982/why-was-the-sukhoi-su-47-berkut-never-adopted-for-service> (Letöltve: 2025.07.09.)
- [10] Sukhoi: Sukhoi Company launches flight tests of PAK FA advanced tactical frontline fighter. Sukhoi.org, 2010.01.29. <https://web.archive.org/web/20110501030735/http://sukhoi.org/eng/news/company/?id=3143> (Letöltve: 2025.07.10.)
- [11] Butowski, Piotr: Su-57 Felon. Stamford: Key Publishing, 2022.
- [12] Meier, Ricardo: Algeria acknowledges deal for Sukhoi Su-57 fighters. 2025.02.13. <https://www.airdatanews.com/algeria-acknowledges-deal-for-sukhoi-su-57-fighters> (Letöltve: 2025.07.11.)
- [13] Karnozov, Vladimir: Sukhoi's PAK FA fighter completes first flight. Flightglobal.com, 2010.01.29. <https://www.flightglobal.com/pictures-and-video-sukhois-pak-fa-fighter-completes-first-flight/91704.article/> (Letöltve: 2025.07.12.)
- [14] Gordon, Yefim – Komissarov, Dmitriy: Sukhoi Su-57-OP/HS: Famous Russian Aircraft. Crecy Publishing, Manchester, 2022.
- [15] Butowski, Piotr: PAK FA stealth features patent published. Janes.com, 2014.01.10. <https://web.archive.org/web/20141023114435/http://www.janes.com/article/32190/pak-fa-stealth-features-patent-published> (Letöltve: 2025.07.12.)
- [16] <https://artfile.me/wallpaper/kalendari-aviaciya-yanvar-mo-rf-istrebit-1615692.html> (Letöltve: 2025.07.13.)
- [17] Kovács Géza Péter: az orosz média szerint a SZU-57 kilátásai: világalalom. Vedelmiiparblog.hu, 2024.01.09. <https://vedelmiiparblog.hu/blog/Szu-57-otodik-generacios-orosz-vadaszgep/> (Letöltve: 2025.07.12.)