

16. ábra. Az F-35-ös többfeladatú harci repülőgép C haditengerészeti (hordozó-fedélzeti) variánsa felszállás után, a tenger felett



Kelecsényi István*

Az F-35 Lightning II-es harcirepülőgép-család

II. rész

Helyzetkép 2016-ban

HAJTÓMŰ

Az F-35-ös fő hajtóműve a Pratt & Whitney F-135-ös axiál kompresszoros kétáramú gázturbina. Az F-135-ös alapját az F-22 Raptor által használt F-119-es hajtómű szolgáltatja, amit több, teljesen új tervezésű részegység beépítésével jelentősen átalakítottak. Az F-35-ös mindhárom fő változata a hajtóműnek az adott feladatra optimalizált változatát használja.

- F-35A (Légierő változat) F-135-PW-100;
- F-35B (STOVL változat) F-135-PW-600;
- F-35C (haditengerészeti változat) F-135-PW-400.

A légierős változat utánégő használata nélkül 111 kN, utánégetővel 177 kN tolóerőt szolgáltat. A PW-400-as tengerészeti változat a 100-as paramétereivel rendelkezik, de tengerészeti üzemeltetéshez a sós víz és levegő korrózív hatásainak ellenálló szerkezeti anyagokból készült. Előállítása nem drágább az alapváltozaténál. A PW-600-as változatot a STOVL üzemmód miatt vektorálható fúvócsővel, valamint egy függőleges csőlégcsavarral is felszerelték. A tömeg csökkentése érdekében az első fokozat emelőlapátjainak anyaga titán és szerkezete üreges. A kiömlőnyílásásoknál lévő öt darab zsalulemezzel a kiáramló levegőt hosszirányban lehet eltéríteni. Az emelőventilátor és a hajtómű közé egy tengelykapcsolót és reduktort építettek be, amelynek feladata a kapcsolatbiztosítás és oldás, valamint a nagyobb fordulatszámú turbinatengely fordulatszámát csökkentve átadni a motornak. Emelő üzemmódban a



17. ábra. Légi utántöltés hajlékonycsöves-kosaras rendszerrel

gázturbina 81 kN, az emelőventillátor pedig 89 kN maximális tolóerőt képes leadni, oldalstabilizálásra a hajtómű kompresszorból átvezetve egyenként 8,67 kN áll rendelkezésre. Az elfordítható fúvócső a hossz tengely mentén 95 fokban eltéríthető. Az F-35B változat csak fegyverzet nélkül, minimális üzemanyag-terheléssel tud VTOL üzemmódban helyből felszállni, fegyverzettel és/vagy nagyobb

* ORCID: 0000-0001-5563-3313

üzemanyag mennyiséggel csak STOL (rövid nekifutást követően) tud felemelkedni, ilyenkor az emelőmotor és a körülbelül 30°-os állásszögű beömlőnyílás mellett, a szárnyakon és törzsön keletkező felhajtóerőt is felhasználja emelkedéshez. Az F-35B üres tömege 14 651 kg, a maximális emelőerő 18 370 kg, tehát 3 719 kg marad a fegyverzet, üzemanyag, a pilóta és felszerelése súlyának.

Bár a haderőnemi változatok maximális tolóereje eltérő, a gyártó hivatalosan mindhárom változat esetében 191,3 kN-ban adta meg a maximális tolóerőt.

Az F-135-ös gázturbinát az F-35-ös feladatkörének megfelelő, nagyobb hatótávolság, hosszú őráratározási idő és alapvetően kis és közepes magasságban kiemelkedő teljesítményigény miatt fejlesztették ki az F-119-esből, amelyet nagy magasságú és sebességű repülésre, légi harcra optimalizáltak.

A hajtómű indítása egy kis méretű elektromos indítómotorral, illetve azzal egybeépített 160 kW teljesítményű generátorral történhet. A tervek szerint a 2020-as években az F-135-ös gázturbinák módosított változatával szerelhetik majd fel az F-35-öst, amely a remények szerint a tolóerőt 10%-kal növeli, a fogyasztást –7%-kal csökkenti, azaz javítja.

AVIONIKA, FEDÉLZETI ELEKTRONIKA, PILÓTAFÜLKE

Az avionikai adattovábbítást egyetlen rendszerbe foglalva alakították ki. A Northrop-Grumman által kifejlesztett komplex CNI kommunikációs-navigációs és azonosító rendszer felelős a rádió- és adatkapcsolat, a GPS rendszer, az IFF- (idegen-barát) azonosítás, és a nagysebességű MALD (Multifunction Advanced Data Link, magyarul Többfunkciós Fejlett Adatbusz) adatkapcsolat működtetéséért, amely az adattovábbítás szempontjából lényegesen gyorsabb a 16 bites Link-16-oshoz képest. (A svéd TILDS rendszer adatátviteli sebessége [Link-39-es] szintén többszöröse a Link-16-osnak, de mivel azt NATO országok, és az USA több tízezer rendszere, komplexuma, járműve használja, és hálózat alapú hadviselésnél alapkövetelmény az előző generációs eszközökkel való kompatibilitás, a MALD-on kívül ezért a régebbi repülőgépekkel és más egységekkel, Link-16-os kapcsolaton keresztül kommunikálhat az F-35-ös.

Az CNI-t, avionikát, fedélzeti elektronikákat irányító központi számítógép – az F-22-esnél használt speciális processzortól és ADA programnyelvtől eltérően – az F-35-ös kereskedelmi forgalomban kapható

Freescape PowerPC processzorokra épült, programozási nyelve a C++.

A közismert programnyelven egyszerűbb a programozás, és széleskörű elterjedése miatt akár fejlesztői környezet, akár programozók könyveiben található hozzá, mint a speciális ADA szoftverhez, igaz, éppen a programnyelv elterjedése miatt a rendszer lényegesen támadhatóbb. A programozás és a repülőgép bonyolultságát jelzi, hogy az F-35-ös programkódja jelenleg is több mint 23 millió sorból áll.



18. ábra. F-35-ös harci repülőgép felszállás előtt a repülőtéri gurulóúton

Az F-35-ös számítógépes rendszerét modulszerűen lehet programozni, ami kiemelten fontos, mivel több repülőgép-változatnál más-más követelményei lehetnek azonos moduloknak. A fedélzeti rendszerek között optikai kábelhálózat továbbítja az adatokat, amely nem generál elektromos zajt, és nem érzékeny a rádió és elektromos zavarásra.

A C++ programokat külön rendszer fordítja le az ICP-nek nevezett központi processzor számára, ezért – bár növeli a számítási erőforrás igényeket – egyszerűsíti, hogy később újabb, gyorsabb központi processzorra cseréljék a jelenlegi erőforrást. Ilyen esetben csak a külön fordítórendszert kell újraindítani, az addig használt modulok programkódjaiban jelentős változtatásokat nem kell programozni. A moduláris rendszer ellenére rendkívül nehéz a hibakeresés, vagy átírás, javítás, módosítás. Az F-35-ös programkódjából több verzió létezik, és egyszerre többet is használnak, tehát az összes repülőgép nem ugyanazt a kódváltozatot használja.

A pilótafülkében a mára általánosan elterjedt LCD képernyőket használnak (2 db egybeépített, 20 × 25 cm-es, nyomásérzékeny kijelzővel, amelyet PCD-nek, panoráma pilótafülke kijelzőnek neveztek el), a műszerfal tete-



19. ábra. F-35B nyitott ventilátor-fedéllel és lefelé fordított fúvócsővel, függőleges leszállás közben





20. ábra. F-35-ös alulnézetből. A sárkányszerkezetet a lopakodó képesség követelményeinek részleges figyelembevételével konstruálták

jén az eddig megszokott HUD (pilótafülke kabinüvegére kivetítő rendszer) megszűnt.

A hajózó a nyomás-érzékeny képernyőn megérintett ikonok mellett a HOTAS rendszerű kezelőszervekkel (a botkormányról és gázkarról használható kezelőszervek), valamint a PCD alatt található numerikus paddal kezelheti a repülőgépet. A PCD alatt egy digitális műhorizont is látható. A HUD szerepét a különleges, minden pilóta számára személyre szabott, HMD sisakkal épített 1280 × 1024 pixe-

les (Full HD) kijelző vette át. Ezen át lehetséges például a DAS infravörös 360°-os érzékelő rendszer kivetítése. A pilóta így „át tud látni az F-35-ös testen”. Ez speciális tervezést igényelt, és fejlesztése napjainkban is tart.

Maga a pilótafülke rosszabb kilátással rendelkezik az F-15/16/22-es típusnál megszokott buborék fülkénél. A sisak tömege másfél kilogramm, a hajózók szerint jól kiegyensúlyozott, ennek ellenére nagy „G” hatásoknál nehezebb a viselése, az eddigi sisakoknál. A sisakot aktív zajkijelző rendszerrel is ellátták, így a repülőgép-vezető az eddigi zajterhelésnél jóval alacsonyabb munkakörnyezetben tevékenykedhet.

A fedélzeti rendszer automatizáltsága a korábbi évtizedek típusainál magasabb, ez különösen a VTOL/STOL változatnál érzékelhető, ahol a helyből fel- és leszállás esetében, az elődtípus Harriernél három kart (gázkar, botkormány és fúvócső) kellett szinte egy időben kezelni. Ezt még a HOTAS rendszer mellett is nehéz volt végrehajtani. Az F-35-ösnél a pilóta megadja a számítógépnek, hogy milyen repülési üzemmódban kíván repülni (rövid fel- és leszállás, függőleges fel- és leszállás, vagy hagyományos repülés) és ennek megfelelően a fedélzeti számítógép végrehajtja a gázkar és a botkormány mozdulatai alapján annak parancsait. Ez a rendszer csökkenti a pilóta terhelését, de megváltoztatja a repülőgép-vezetés technikáját. A pilótának állandóan tisztában kell lennie azzal, hogy a szoftver a különböző üzemmódokban hogyan reagál a HOTAS-on átadott utasításokra.

Mindhárom változatba a Martin-Baker US16E katapultülést építették be.



21. ábra. F-35B harci repülőgép vontatóvillával az állóhelyen

ALACSONY ÉRZÉKELHETŐSÉG

Az alacsony érzékelhetőség alapkövetelmény volt a JAST programban. Alapvetően ezt a repülőgép radarkeresztmetszetének értékével mérik. A radarkeresztmetszet a lokátorok hullámhosszától, valamint a repülőgépnek a légi, földi, vízfelszíni radartól való helyzetétől függően változik, tehát olyan repülőgépet, amely minden radarhullámhosszon, mindenkor azonos felderíthetőségi értékkel rendelkezik, jelenlegi tudással nem lehetséges építeni. A radarkeresztmetszet csökkentésének két fő lehetősége: a sarkányszerkezet alacsony észlelhetőségű kialakítása, illetve speciális bevonatokkal, festéssel a lokátorhullámok eltérítése, elnyelése. A Radar Cross-Section (RCS) csökkentése az F-35-ösnél is kiemelt követelmény volt, elsősorban a földi bázisú légvédelmi rakéták, valamint légiharc-rakéták és harci repülőgépeken használt lokátorok hullámsávjaiban. A támadó repülőgépnek át kell hatolnia az ellenséges radarok és légvédelmi rakéták rendszerén, és védelmet kell nyújtania az ellenséges harci repülőgépek, radarállomások lokátorával szemben. A cél nem az, hogy ne lehessen a repülőgépet észlelni, hanem olyan közelről lehessen csak észlelni, hogy a saját rendszereivel az ellenséges lokátorokat, légvédelmi komplexumokat, repülőgépeket elsőként észlelhesse, és a pilóta dönthessen annak megsemmisítéséről, leküzdéséről, vagy megromlásáról, illetve esetleges kikerüléséről. Az F-22-es, illetve a B2-es repülőgépek kifejlesztése során a szemben lévő légi vagy földi lokátorok elleni alacsony RCS érték mellett, az oldalirányú radarbesugárzás elleni alacsony RCS érték is elvárt volt. Ezt drága és sérülékeny radarsugár-elnyelő anyagok, bevonatok alkalmazásával és kompromisszumos aerodinamikai és szerkezeti megoldásokkal érték el.

A JAST programban ennél lényegesen alacsonyabb követelményeket állítottak. Az „elsőnapos lopakodásnak” nevezett követelmény szerint szemből az F-35-ös alacsony érzékelhetősége tegye lehetővé a repülőgép számára az ellenség első vonalában a célpontok a fedélzeti fegyverzettel történő leküzdését, majd a repülőgép visszafordul, és visszatér indító bázisára. A következő támadás során a résen át a következő vonal légvédelmi eszközeit támadja, és oldalról és hátulról a nagyobb RCS értéke ellenére biztos távolságban marad az ellenség légvédelmi és repülő eszközeitől. A légtér feletti uralom átvétele után (amelyet nem csak F-35-ös, hanem összefegyvernemi, haderőnemi, sőt az összes haderőnem közös műveletével érnek el, az ellenséges lokátorok kiiktatása után), az alacsony RCS értékénél, a „lopakodó képességnél” fontosabb szempont a külső pilonokon hordozott fegyverzetnövekedés, fegyverterhelés.

Az F-35-ös tervezésekor a belépő és kilépő élek azonos szöveget zárnak be, a levegő-beömlőnyílások ék alakúak, a szívócsatornák a turbinalapátokra való rálátás kiküszöbölése érdekében „S” alakúak. A kabintető, bombaajtók, futóművek ajtói „farkasfog” kialakításúak, hogy kevesebb jelet verjenek vissza egy irányban. A repülőgépfesték radarsugárzás elnyelő tulajdonságú, de nem igényel olyan gondos karbantartást, mint az F-22A vagy B2 festése. A Lightning II-es legkisebb RCS-vel, az X sávban 2,4–3,6 cm hullámhosszal rendelkezik, ami a vadászipülőgépek és a légvédelmi rávezető radarok általános frekvenciája. Ebben a hullámtartományban hátulról is kis RCS-vel rendelkezik az F-35-ös. A deciméteres „S” és „L” sávban, az alacsony RCS csak szemből érzékelhető, a méteres hullámsávban már nem rendelkezik alacsony érzékelhetőséggel.

Az F-22A Raptor becslült értéke $0,0001 \text{ m}^2$ az F-35-ös reflexiója körülbelül ennek tizenötszöröse tehát $0,0015 \text{ m}^2$.



22. ábra. Az első F-35-ös fegyverzetledobási-próba

Ez az RCS érték önmagában csak egy adat, ahogy az is, hogy a magyar légteret védelmező JAS-39C/D EBS-HU harcászati repülőgépek PS-05/A Mk3-as változatú doppler-impulzus lokátora X sávban működik és 5 négyzetméteres hatásos visszaverő felületű célt (körülbelül ennyi a régebbi verziójú F-15-ös, F-16-os, MiG-29-es, Su-27-es harcászati vadászipülőgépek RCS-je) 120 km-ről deríti fel. Rövid számolás után tehát kijelenthető, hogy papíron a viszonylag modern svéd lokátor sem képes BVR légiharcban felderíteni az F-35-ös változatokat, ha azok nem hordoznak külső függesztményt, valamint nincs nyitva belső fegyverterük.

Az F-35-ös infravörös és látható sugárzási tartományban kevésbé, illetve nem alacsony érzékelhetőségű. A hajtómű az F-22A-hoz képest óriási hőbocsátást, amely elektrooptikai és infravörös érzékelőkkel felderíthető. A tervezés szempontja szerint azonban, az ellenség szemből ezt nem, vagy igen korlátozottan észlelheti ellenséges légi vagy földi cél pedig fordulás után nem kerül csapástávolságba, ha érzékeli is a repülőgépet.

23. ábra. Precíziós fegyver próbaledobása az F-35-ös belső bombakamrájából





24. ábra. Nyitott ventilátor-fedéllel és lefelé fordított fűvócsővel függeszkedő F-35B

FEGYVERZET

Az F-35A légierős változat rendelkezik beépített tüzfegyverrel, a bal légbeömlő nyílás tetejére szerelt GAU-22/A 25 mm-es négycsövű „Gatling” rendszerű gépágyúval. A tüzfegyver az GAU-12/A gépágyú könnyített, kisebb, módosított változata. Tűzgyorsasága 3000 lövés/min. Javadalmazása 180 darab lőszer. A gépágyúhoz PGU-20/U API (páncéltörő-gyújtó), PGU-32/U SAPHEI (könnyű páncéltörő-repesz-romboló gyújtó) és PGU-23TP (gyakorló) lőszer tartozik. A tengerészeti változatok törzsük alatt áramvonalas konténerben hordozhatják 220 darab lőszerrel. A gépágyú űrmérete közepes (a 20 és 30 mm-es modellek közötti), a lövedék kimeneti kinetikai energiája és a lövedék tömeg átlagosnak mondható (a nagy robbanóerejű gyújtólőszer 1040 m/s-os, míg a páncéltörő gyújtólőszer 1036 m/s-os kezdősebességgel rendelkezik – utóbbi adat közel

azonos a modern repülőgépekben szintén használt 20 mm-es M61-es és 30 mm-es GAU-8-as páncéltörő gyújtólőszereinek kezdősebességével).

Az F-35-ös, alacsony érzékelhetőségű bevetés esetén két belső fegyverkamrába viheti fegyverzetét. Ennek befogadóképessége kisebb, mint az F-22-sé. Az F-35A kezdeti tipikus fegyverzete 2 darab AIM-120C/D BVR légi harcra rakéta és két lézervezérlésű Paveway vagy globális helyzet-meghatározó rendszerrel vezérelt JDAM siklóbomba. Csak belső fegyverterheléssel (tehát az F-35A gépágyúján kívül) légi közelharc képessége nincs a repülőgépnek, a bombák helyére kettő AIM-120C/D rakéta helyezhető el. 2017-ben – elsősorban brit igény miatt – megkezdődtek a kísérletek az MDBA Meteor nagy hatótávolságú aktív lokátor-irányítású légi harcra rakéták integrációjára. Ezeket az AMRAAM helyett szintén a belső térből hordozza majd az F-35-ös. Két BVR rakéta mellett a belső fegyvertérben

25. ábra. A pilótafülke mögötti nyitott ventilátor-fedél alatt jól megfigyelhető a fel- és leszállás során függőleges emelőerő-komponenst biztosító ventilátor





26. ábra. A haditengerészeti F-35C variáns leszállása egy repülőgép-hordozó fedélzetére, fékezőhorgos lassítással

legfeljebb 1136 kg terhelésű fegyverzet helyezhető el. Az F-35B VTOL/STOL változat belső fegyvertere kisebb a másik két modifikációnál, így oda a 909 kg-os Paveway és JDAM bombák, méretük miatt nem férnek be. A Paveway és JDAM bombákon kívül hordozhat belső fegyvertérben AGM-154A/C JSOW siklóbombát (ez akár nukleáris fejjel is felszerelhető), illetve BRU-61/A belső pilonok alkalmazásával 8 db GBU-39 SBD (Small Bomb Diameter) bombát.

Hagyományos vadászbombázóként használva a F-35-öst, szárnyanként 3 pilonnal lehet felszerelni. Ezek terhelhetősége:

- 3-as, 9-es belső pilon 2272 kg,
- 2-es, 10-es középső pilon az A-C változatnál 1136 a „B” modifikációnál 682 kg,
- 1-es, 11-es külső pilon 136 kg.

A nyilvánosságra került képek, ábrák adatok szerint a belső és középső pilonokra lehetséges dupla indítósinéket szerelni, a külső pilonok csak hő felé orientálódó rakétákat (AIM-9XII, AIM-132, Python V.) hordozhatnak.

A britek 2016-ban Farnborough-i Nemzetközi Repülőkiállításon (Farnborough International Airshow) mutatták be elképzelt saját konfigurációjukat. Az F-35B változatuknál az amerikai gyártású AMRAAM látóhatáron túli légiharc-rakétát, az európai fejlesztésű MBDA Meteor-ra cserélték, valamint szintén amerikai siklóbombák helyett SPEAR páncéltörő, vagy repeszromboló fejrészrel ellátott GPS és INS vezérlésű levegő-föld támadórakétát helyeztek el.

A brit konfiguráció-változatok a következő alacsony észlelhetőség esetén a belső fegyverkamrában: 2 db Meteor és 8 db SPEAR, vagy csapásmérésre 8 vagy 12 db SPEAR, légi fölény vadászpilótaként 4 db Meteor és a szárnyvégi külső pilonon 2 db AIM-132 ASRAAM légiharc-rakéták. A fegyverek közül több még nincs integrálva az F-35-ös harci repülőgépekhez, valamint a szárnyvégi külső füg-

gesztésű hőkövető rakéták növelik a repülőgép RCS karakterisztikáját.

A norvégok saját Kongsberg JSM levegő-föld, Izrael Rafael Python V. hőkövető közelharc- és Rafael SPICE-1000-es levegő-föld irányított bombájukat integrálják a fegyverzetbe.

Az integrált és jövőben integrálásra kerülő fegyverek listája folyamatosan bővül, jelenleg: 112, 227, 454 és 909 kg-os hagyományos és irányított bombák teljes palettája, B-61-es nukleáris bomba, SPICE-1000-es irányított bomba JSOW siklóbomba. JASSM és Storm Shadow robotrepülőgépek, Brimstone, Brimstone II-es és Spear levegő-föld páncél és repeszromboló rakéta, Kongsberg JSM (Joint Strike Missile) levegő-föld rakéta, AIM-120, Meteor BVR, AIM-9XII és AIM-132 ASRAAM és Python V. levegő-levegő rakéták.

(Folytatjuk)

FORRÁSOK

Cifka Miklós: Az F-35 Lightning II. harci repülőgép I-III. rész. Haditechnika, 2013. évi 2-3-4. sz.;
 Bill Sweetman: Ultimate Fighter: Lockheed Martin F-35 Joint Strike Fighter;
 Gerard Keijper: Joint Strike Fighter: Design and Development of the International Aircraft;
www.f-35.com;
www.jsf.mil;
www.f16.net;
<https://www.lockheedmartin.com/us/products/f35.html>;
<https://theaviationist.com>;
<http://www.airvectors.net/avf35.html>;
<https://forum.htka.hu/threads/lockheed-martin-f-35-lightning-ii.119/>.

(Fotók a szerző gyűjteményéből.)