

Ráth Tamás* – Hannel Sándor** – Hegedűs Ernő***

A KÖZEPES KATEGÓRIÁJÚ MAGYAR-CSEH SZOJKA PILÓTA NÉLKÜLI REPÜLŐGÉP FEJLESZTÉSI PROGRAMJÁNAK TAPASZTALATAI

EXPERIENCE OF THE HUNGARIAN-CZECH MEDIUM CATEGORY SOYKA UNMANNED AIR VEHICLE DEVELOPMENT PROGRAMME

[HTTPS://DOI.ORG/10.30583/2022-1-2-062](https://doi.org/10.30583/2022-1-2-062)

Összefoglalás

A Honvédelmi Minisztérium Haditechnikai Intézet és a Honvédelmi Minisztérium Technológiai Hivatal által fejlesztett Szojka közepes kategóriájú UAV 200 km felderítési távolságú, 30 kg hasznos terhelhetőségű, 220 km/h maximális sebességű pilóta nélküli repülőeszköz. Fedélzeti elektronikai platformjai optikai, rádióelektronikai, rádiótechnikai és nukleáris felderítési képességgel rendelkeznek. Hasznos és elemzésre érdemes terület a Szojka UAV fejlesztésének tapasztalatai és a fejlesztés során megvalósult magyar-cseh kutatás-fejlesztési együttműködés is.

Kulcsszavak: UAV, közepes kategóriájú pilóta nélküli repülőgép, HTI, haditechnikai kutatás-fejlesztés, magyar-cseh együttműködés, prágai Repüléstechnikai Intézet

Abstract

The Soyka medium UAV, developed by the Ministry of Defence's Defence Technology Research Institute and the Ministry of Defence's Mil-

* Dr. Ráth Tamás, a Haditechnikai Intézet korábbi főigazgatója, nyá. ezredes, PhD.

** Dr. Hannel Sándor, okleveles repülőmérnök, helikopterpilóta, katonai-műszaki tudományok PhD, NKE KMDI oktató, a Magyar Hadtudományi Társaság Légierő Szakosztály tagja. ORCID: 0000-0002-1923-3432

*** Dr. Hegedűs Ernő, repülőmérnök, 2010–2018 között a HM FHH Haditechnikai Intézet és utódszervezeteinek mérnöke. Alezredes PhD, NKE Hadtudományi és Honvédtiszképző Kar, Haditechnikai Tanszék adjunktus. MHTT Légierő Szakosztály elnök. ORCID: 0000-0001-8457-5044

itary Technology Office, has a 200 km reconnaissance range, a payload capacity of 30 kg and a maximum speed of 220 km/h. Its on-board platforms have optical, electronic, radio-electronic, radio-technical and nuclear-detection capabilities. The experience gained in the development of the Soyka UAV and the Hungarian-Czech R&D cooperation are also useful and worthy of analysis.

Keywords: UAV, medium category unmanned air vehicle, military technology research and development, Hungarian-Czech R&D cooperation, Military Technical Institute Prague

Bevezetés

A katonai fejlesztések világszerte a nyilvánosságtól elzártan zajlanak, és csak a rendszerbeállított vagy hadműveleti területen jelentős sikereket elért eszközök kerülnek az almanachok oldalára. Így történt ez hazánkban is, ahol egy, a kor kihívásainak megfelelő, bár kevésbé ismert, de annál inkább sikeres fejlesztés, a Szojka UAV létrehozása zajlott.¹

Napjaink hazai hadiipara már számos, jól felhasználható tapasztalattal rendelkezik a könnyű UAV-rendszerek fejlesztésében és gyártásában, ám a közepes kategóriába tartozó rendszer létrehozása ennél jóval komplexebb feladat. A HM Haditechnikai Intézet és a jogutód HM Technológiai Hivatal által fejlesztett Szojka közepes kategóriájú UAV 200 km felderítési távolságú, 30 kg hasznos terhelhetőségű, 220 km/h maximális sebességű repülőeszköz. Fedélzeti elektronikai platformjai

¹ Fogalomtisztázás: Az UAV – (Unmanned Air Vehicle: Pilóta nélküli légijármű) kifejezés mellett a DRONE, RPV, RPA, UAS, RPAS, UCAV, UCAS rövidítések egyaránt elterjedtek a szakirodalomban. Az UAS – (Unmanned Aircraft System) a pilóta nélküli légijárművön kívül már a működését biztosító környezetet – a földi irányító állomást, a kommunikációs csatornákat, a műszaki felkészítő és karbantartó rendszert, az indító és a visszaérkezést biztosító és magát a rendszert vezérlő, irányító, kiszolgáló embert is magába foglalja. Az RPV – (Remotely Piloted Vehicle), esetenként RPA – (Remotely Piloted Aircraft) a pilóta által távirányított légijármű vagy repülőgép megnevezésére szolgáló rövidítés. Az RPAS – (Remotely Piloted Aircraft System) távirányított repülőgép- rendszer elnevezést az európai civil alkalmazásokat szorgalmazó szervezetek használják. Az UCAV (Unmanned Combat Air Vehicle) és az UCAS (Unmanned Combat Air System) a felfegyverzett, fegyveres alkalmazásra képes, pilóta nélküli harci repülőgép, illetve rendszer rövidítése. Dr. Palik Mátyás (szerk.): Pilóta nélküli repülés. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2013. ISBN 978-615-5057-64-9 pp. 11-12.

optikai, rádióelektronikai, rádiótechnikai és nukleáris felderítési képességgel rendelkeznek. Fejlesztésének tapasztalatai jelentős segítséget nyújthatnak a Zrínyi Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program során új lendületet nyert hazai UAV- fejlesztésnek, különös tekintettel a közepes kategóriára. Hasznos és elemzésre érdemes terület a Szojka UAV esetében megvalósult magyar-cseh kutatás-fejlesztési együttműködés is.

A Szojka hazai rendszerbeállítása és a hadszíntéri eredmények elmaradtak, de az elvégzett munka és a tapasztalatok megmaradtak, amely a későbbiekben még további lehetőségeket adhat. Az elzárt katonai fejlesztést az évtizedek távlatából érdemes mégis a tanulságok reményében felidézni. Napjainkra a nagyhatalmak és számos kis ország haderőiben az alkalmazott pilóta nélküli repülőgépek (továbbiakban: UAV - Unmanned Air Vehicle) száma megközelíti és (az USA esetében) át is lépi a tízezres nagyságrendet. Az ezredforduló óta már a közepesen fejlett és a fejlődő országok haderőinél is kivétel nélkül rendszeresítésre kerültek UAV-k. A fejlesztés és gyártás napjainkra a repülőipar egyik önálló ágazatává vált.



1. számú ábra. A 30 kW-os Wankel-motoros Szojka III a levegőben, melynek sárkányszerkezete magyar gyártmányú, szálerősítésű kompozit műanyag²

² Szojka III / TVM. Letecké muzeum v Kunovicích. <https://www.muzeum-kunovice.cz/sojka-iii-tvm/>

A nyolcvanas évek közepétől napjainkig hazánkban is kialakultak az UAV-k fejlesztésére és gyártására alkalmas kapacitások. Ezek közül a legnagyobb múltra visszatekintő kutató-fejlesztő szakmai közösség a HM Haditechnikai Intézet és az utódszervezet, a HM Technológiai Hivatal³, ahol egy közepes kategóriába tartozó pilótanélküli repülőeszköz és kiszolgáló rendszere került kifejlesztésre Szojka néven.

A magyar-csehszlovák fejlesztésű Szojka UAV-t a Haditechnikai Intézet 1991-ben mutatta be. A Szojka 200 km felderítési távolságú, 3,5 óra járőrözési időtartamú, mintegy 30 kg hasznos terhelés hordozására alkalmas eszköz. Az UAV katapultról indítható, és ejtőernyővel vagy csúszótalpra száll le. A szén- és aramidszálas sárkányszerkezeti anyagok, illetve a könnyű és rezgésmentes Wankel-motor alkalmazása következtében az UAV a kor színvonalának megfelelő technológiai és teljesítményszintet képviselt, így a mintegy 64 dm³ térfogatú felderítőrendszerének hosszú időtartamú levegőben tartására alkalmas.



2. számú ábra. Szojka UAV felszállása az indítójárműről. Katapultról indítható és ejtőernyővel vagy csúszótalpra (és egy felfújódó „légzsákra”) száll le

³ A hazai haditechnikai kutatás-fejlesztés szervezeteinek viszonyáról részletesen: Kende György – Hegedűs Ernő: A magyar haditechnikai kutatás-fejlesztés rendszere és szervezeteinek története. (1920-2020) I. rész Katonai Logisztika. 2021. évi 3-4. sz.

A Szojka UAV fő feladata: különböző felderítési feladatok végrehajtása optikai kép előállításával nappal és éjjel, rádiófelderítés végrehajtása 20-100 MHz-en, illetve ezek zavarása, radarfelderítés 2-18 GHz-en, ezek zavarása, továbbá radioaktív gamma-sugárzás detektálása. Lehetséges tűzérési tűz koordinátahelyesbítése (vizuális felderítés adatai alapján), de kialakíthatóak az aktív célmegjelölés különböző eljárásai is. Az alapváltozat rendeltetése: a terep szektoros vagy körkörös felderítése TV-kamera segítségével és a kamera képének valós idejű továbbítása a fedélzetről a földi irányítóállomásra.

A SZOJKA UAV ALAPVETŐ MŰSZAKI ADATAI

1. számú táblázat

	A magyar-cseh Szojka III	HTI-TH által továbbfejlesztett Szojka
Szerkezeti tömeg	120 kg	115 kg
Max. hasznos törzstérfogat	64 dm ³	64 dm ³
Max. hasznos tömeg	10 kg	30 kg
Felszálló tömeg	130 kg	145 kg
Szárny fesztávolság	4,1 m	5,1 m
Törzshosszúság	4,125 m	4,125 m
Repülőgép magassága	0,7 m	0,96 m
Motorteljesítmény	20 kW	30 kW
Maximális repülési sebesség	180 km/h	220 km/h
Utazósebesség	150 km/h	180 km/h
Minimális repülési sebesség	130 km/h	105 km/h
Maximális repülési magasság	2000 m	3000 m
Repülési idő (belső póttartály alkalmazásától függően)	1-2,5 h	1-3,5 h
A maximális szélesség felszállásnál (szemből; oldalirányból)	12 m/s; 3 m/s	12 m/s; 3 m/s
Felderítési távolság a kommunikáció fenntartásával	100 km	100 km
Felderítési távolság automata üzemmódon	150 km	200 km
Hatótávolság belső póttartály nélkül	150 km	180 km
Hatósugár belső póttartállyal	190 km	310 km

A Szojka-III alapváltozatából több modifikáció is kidolgozásra került. A TV-kamerával felszerelt vizuális alapfelderítő a Szojka-III/TV, a sugárfelderítő változat a Szojka-III/G, a rádiolokációs variáns a Szojka-III/RT, a rádiófelderítő és -zavaró jelzése pedig Szojka-III/RA, míg a nagy érzékenységű vizuális felderítő típus a Szojka-III/VTV, végül az infrakamerás vizuális felderítő variáns a Szojka-III/IK.

1. A Szojka fejlesztési program főbb eseményei

A Honvédelmi Minisztérium Haditechnikai Intézet, majd a HM Technológiai Hivatal 1984 óta foglalkozott a Szojka pilóta nélküli repülőgép fejlesztésével. A kezdeti időszakban az elemzés, a lehetőségek feltárása, az irodalomkutatás, illetve a koncepciók hazai kialakítása történt meg.⁴ A Magyar Néphadsereg vezetése egy új, korszerű harcászati eszköznek minősítette a robotrepülőgépet, amely egyidejűleg igen keresett exportcikk, jól értékesíthető áru lehet. 1983 végén közös megbeszélést tartott az MTA KFKI⁵ és a HTI egy, a harcászati követelményeknek megfelelő robotrepülőgép létrehozására. A HTI kezdeményezésére az Ipari Minisztérium pályázatot hirdetett. A részletes előtanulmányok⁶ elkészítését megelőzve a HTI összeállította a harcászati - műszaki követelményeknek megfelelő robotrepülőgép műszaki-repülési paramétereit.

A HTI 1986-ban elkészítette a később Szojka nevet elnyert UAV megvalósíthatósági tanulmányát.⁷ A szakmai feladatok segítésére 1988-tól partnerként a kiterjedt repülőgépgyártással rendelkező Csehszlovákia került bevonásra. A csehszlovákok 1982-től – repülő cél tárgyként – már gyártottak a haderő számára néhány egyszerűbb, kisebb méretű, jellemzően faszerkezetű és „távírányítású” (célrepülő)gé-

⁴ Gádor Róbert - Dr. Rác Tamás: Hazai fejlesztésű robotrepülő szerkezetek (RPV) project terve

⁵ MTA KFKI - Magyar Tudományos Akadémia Központi Fizikai Kutatóintézet

⁶ Dr. Kesselyák Mihály: A Magyarországon megvalósítandó robotrepülőgép aerodinamikai és szilárdságtani számításai Nyíregyháza, 1986. illetve Gádor Róbert - Urbán József - Szuromi Zoltán - Farkas Gábor: Tanulmány a távirányítású mini-robotrepülőgép hazai fejlesztésére és gyártására Pestvidéki Gépgyár, Szigethalom, 1984. 134 p.

⁷ Gádor Róbert: Irányelvek és építési követelmények a Magyarországon megépítendő robotrepülőgéphez Budapest, 1985/86.

pet, azonban ezek csak 70-80 kg tömegűek, látótávolságig vezethetőek voltak, és nem rendelkeztek semmiféle fedélzeti eszközzel.”⁸ A magyar fejlesztési célkitűzések egy ennél mintegy kétszer nagyobb tömegű, kb. 200 km hatótávolságú, kompozit sárkányszerkezetű, robot által vezérelt, autonóm UAV létrehozására irányultak. A hatékony magyar-cseh kooperáció érdekében együttműködési szerződés jött létre a prágai Repüléstechnikai Kutatóintézettel. A prágai intézetnek jó kapcsolatai voltak a cseh repülőipar vállalataival, és magyar oldalról több vállalat is bevonásra került a programba (pl. Mechanikai Laboratórium Kísérleti Híradástechnikai Gyár /ML/, Távközlési Kutató Intézet /TKI/stb.).



3. számú ábra. Szojka UAV a kéthengeres kétütemű léghűtéses bokszermotor-variánssal⁹

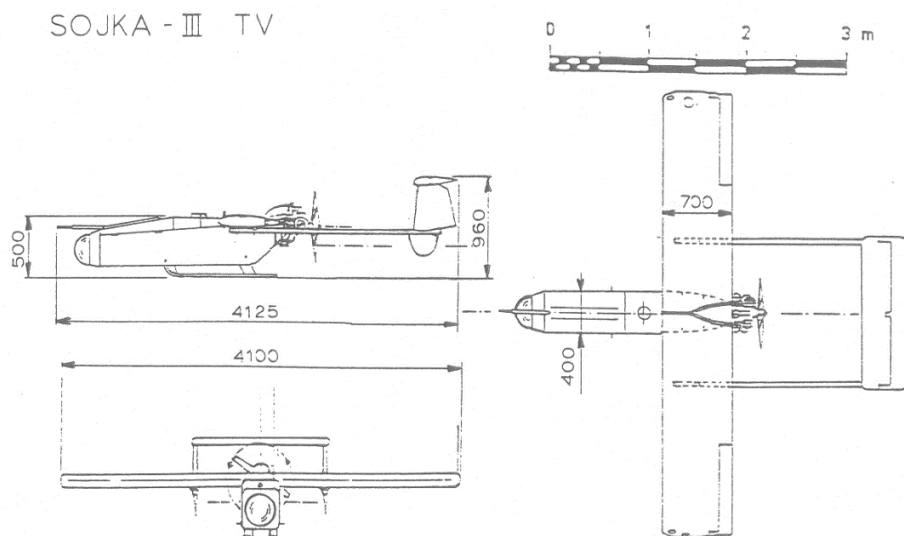
A rendszertervek kidolgozása után magyar-cseh kooperációban láttak hozzá a munkához. A repülőgép sárkányszerkezete és a motor a cseh partner fejlesztésében készült el, míg a magyar fél a fedélzeti elektronika, irányító- és vezérlőberendezések, földi kiértékelőrendszer és a fedélzeten alkalmazott hasznos terhek kifejlesztését vállalta. A csehek a magyar előtervek alapján vállalkoztak a repülőeszköz sárkány-hajtómű rendszereinek kifejlesztésére, valamint elvégezték a kaptapulton és ejtőernyőn alapuló indító- és leszállítórendszer fejlesztését,

⁸ Hajdú Ferenc – Sárhidai Gyula: A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig. HM Technológiai Hivatal, Budapest, 2005. 188. o.

⁹ SOJKA III Bezpilotni pruzkumny komplet. Vtut a PVO oz. 2004. 8. o.

míg az elektronikai fejlesztések területe a HTI feladata volt. Ennek alapján magyar részről vállalták a rádiókapcsolathoz szükséges fedélzeti és földi eszközök, a navigáció és a gép követését biztosító programok elkészítését és az irányítóállomás kialakítását számítógépes munkahelyekkel. Ezek a gép vezetéséhez, illetve a fedélzeti felderítő-/zavaróeszközök munkájának irányításához és az információk földi feldolgozásához voltak szükségesek. Magyar feladatként jelentkezett még minden felderítő-/zavaróeszköz kifejlesztése is.

Az első magyar feladat egy vizuális felderítőváltozat készítése volt. A tervezett időben befejeződött a fedélzeti kamerák, mozgatómechanizmusok, a vezérlőelektronikák és a rádióberendezés első kísérleti példányainak elkészítése. A fekete-fehér kamera zoom optikai rendszerű volt, amely a gép orr-résztében került elhelyezésre, távvezérléses mozgatási lehetősége a vízszintes síkban 90° -os, a függőleges síkban 70° -os tartományban volt biztosított. Szerkezeti tömege 6 kg volt.



4. számú ábra. A Szojka UAV első változatának háromnézeti rajza¹⁰

1991-92-ben megkezdődtek a kísérleti repülések. A repülőgépen lényeges módosításokra is sor került. A legkorábbi kísérleti változatoknál alkalmazott 31 kW-os négyhengeres kétütemű léghűtéses bokszermotor túlságosan nehéznek bizonyult, és egy 22 kW-os kéthengeres kétütemű léghűtéses boxermotor-típussal váltották fel. Ennek tömege már

¹⁰ Szegedi Péter: Repülésszabályozó rendszerek szabályozóinak számítógépes analízise és szintézise. PhD értekezés, ZMNE KMDI, Budapest, 2005.

kellőképpen kicsi volt, teljesítménye azonban nem bizonyult elégségesnek. A szárny fesztávolságát is meg kellett növelni mintegy 50-50 cm-rel, mivel az eredeti 4,1 m fesztávolságú szárny nem biztosította az elvárt repülési tulajdonságokat. A kamera orr-elhelyezéséből és a leszállási módból (ejtőernyős, ill. csúszótalpas) adódóan a durva leszállások esetén a kamerák sérüléseivel kellett számolni. A robotpilóta azonban megfelelően működött a repülések ideje alatt.

A rendszer videófelderítő változata 1995-ben volt csapatpróbára bocsátható, melyre néhány napos hazai programmal kiegészítve Csehországban került sor. Ezt követően a Szojka a cseh hadseregben a repülőcsapatoknál került rendszeresítésre jelentős darabszámban.

1995 után lejárt az addigra már kétszer megújított szerződés a cseh féllel, és a szerződéses együttműködés megszűnt, de a szakmai kapcsolatok és a tapasztalatok cseréje folyamatos maradt. A csehek is és a HTI is önállóan folytatta tovább a fejlesztéseket. A HTI-ben elkészítettek egy, a hazai sorozatgyártás lehetőségét biztosító formakészletet és egy újabb repülőgépet, amelyen számos fejlesztést hajtottak végre (feszávolság növelése 1 m-rel, sárkányszerkezet anyagának korszerűsítése), így aerodinamikai tulajdonságai már jelentősen meghaladták az eredeti cseh gépét. Az újonnan fejlesztett robotpilótából, kommunikációs rendszerből és kameraegységből a csehek is vásároltak.

Általánosságban a kis és közepes méretű UAV-k fejlesztésénél elmondható, hogy a pilóta vezette repülőgépekhez képest a kisebb méretek miatt rosszabb hatásfokra számíthatunk. Az adattáblázatból is látható, hogy a 130 és 180 km/h közötti repülési sebességtartomány igen szűkre szabott. A 180 km/h maximális sebesség csak a motor teljes terhelése mellett érhető el. A folyamatos üzem esetén ez a motor élettartamára igen károsan hat. Emelkedés esetében ez a sebesség a teljes terhelés mellett még tovább csökken például 150 km/h-ra, és ez a sebesség használható utazó sebességnek is, 60%-os motorteljesítmény mellett. Ez azt jelenti, hogy a környezeti behatásokkal szembeni érzékenység megnő, egy közepes széllelés is átesésbe viheti a repülőgépet. Ez az átesés alacsony magasságon – és általában ott szeretnénk emelkedésre áttérni – a gép elvesztésével járhat. A magas, 130 km/h-s átesési sebesség azért alakulhatott ki, mert a repülőgép tömegét és légellenállását szerették volna alacsony értéken tartani, mely fel- és leszállási nehézségeket okoz, így növekszik a sérülés kockázata. Az alacsony, max. 180 km/h-s repülési sebesség azért alakult ki, mert relatíve gyenge, nagy tömegű motor került beépítésre. Ez a törekvés természetesen a repülés biztonságára, a stabilitásra hátrányosan

hat. A Szojka repülési tulajdonságainak javítása érdekében növelték a szárny fesztávolságát, könnyebb és korszerűbb kompozitanyagokat alkalmaztak a szerkezeti tömeg csökkentése érdekében, és korszerűbb erőforrást kerestek (Wankel-motor).



5. számú ábra. A Szojka UAV első változata a Haditechnikai Intézet épületében¹¹

Az újabb fejlesztések hatására megszületett a 360 fokos, panorámafelderítésre alkalmas, liftszerkezettel a géptestbe behúzható új kamera, ezúttal színes és passzív éjjellátó változatokban is. Az elektronikai eszközök területén a korábban már export célra kifejlesztett rádióelektronikai felderítő- és zavaróeszközök jelentősen csökkentett térfogatú, tömegű változatai kerültek továbbfejlesztésre.

Hasonló módon a kommunikáció számára is az akkori időkben legújabb, szórt spektrumú rádió adó-vevők alkalmazására nyílt lehetőség. A rádiókapcsolat eszközei területén a védett kommunikáció irányában történt előrelépés. A digitális csatornákat szórt spektrumú üzemmódra állították át, majd a fedélzeti képtömörítő és védett, 2 Mbit/s sebességű videócsatorna következett. A rádiókapcsolat felépítése olyan, hogy egy mérőjel segítségével – szekunder rádiólokációs elven – távolságmérést is végez és a gép követése során az irányt is folyamatosan méri.

¹¹ Furján Attila: Szojka III/TV. A többcélú, kisméretű pilóta nélküli repülőgépkomplexum. Új Honvédségi Szemle 1998/1. 131. o.

Természetesen a korszerű, műholdas helymeghatározás eszközeit (GPS) is használták, de a rádiókapcsolat említett kialakítása révén teljesen önálló rendszert alakítottak ki.

A földi rádiókommunikáció felderítése és lehallgatása fontos információk megszerzését biztosítja, kritikus esetekben rövid idejű zavarással béníthatja a megfigyelt híradó rendszert. Az iránymérési képesség csak hozzávetőleges becslést ad a megfigyelt földi csoportosulás helyéről, melyet videómegfigyeléssel és légi járőrözéssel pontosítani lehet. Hasonló jelleggel *rádiólokátorok felderítésére és zavarására készült eszközök* fejlesztése is folyt. Sikeres próbákon és hitelesítési eljárásokon ment át *a fedélzeti radioaktív sugárzásmérő berendezés, amely gamma-sugárzást mér* különböző repülési magasságon és a dózisteljesítményt számolja át föld-felszíni adatokra, térképi információk, talaj és meteorológiai paraméterek alapján, és más, jól értékelhető formában (diagramm, térkép stb.) ábrázolja.



6. számú ábra. A Szojka UAV az indítóállványon. Jól látható a motor halk üzemét lehetővé tevő, feketére festett hangtompító és áramvonalazó burkolata, illetve az indító kocsi¹²

¹² Vigh Zoltán: Pilóta nélküli repülőgépek fejlesztése a HM Technológiai Hivatalban. Repüléstudományi közlemények - 15. évf. Különszám, 2003. évi 2. szám. 1. o.

A Magyar Honvédség jelenleg 4 darab repülőképes repülőgép-testtel rendelkezik, amelyek alapkoncepciója azonos az eredeti Szojka III verzióval, de mindegyiken fejlesztéseket hajtottak végre. Ezek a különbségek a felhasznált anyagokban (pl. üveg- vagy szénszál) vagy a tartószerkezet kialakítása terén (méhsejtszerkezet vagy szilárd habanyag) vannak. Ezen kívül van olyan változat, amelyiknek nincs oldal-kormányja, és van, amelyiknek kettős oldalkormányja van. Létezik ezen felül egy jelentős mértékben *továbbfejlesztett sárkányszerkezetű változat*, amelyre módosított szárnyprofilú és 1 méterrel megnövelt fesz-távolságú szárny került. Így lehet ugyanis a minimális repülési sebességet csökkenteni, illetve a terhelhetőséget növelni. A repülőgép terhelhetőségének növelése érdekében *a sárkányszerkezetet szén és aramid anyagok felhasználásával kisebb tömegűre készítették*, ezáltal is hosszabb repülési idő érhető el, illetve nagyobb tömegű fedélzeti berendezés szállítható. Folytak kísérletek *kerekes futóművel ellátott Szojkával* is.¹³ (A magyar Composit Kft. kapott megbízást a Szojka felderítőgép megnövelt szárnyfelületű, saját kerekeire leszálló változatának kifejlesztésére, amelyet sikerrel végre is hajtott. A prototípus néhányszor repült is, és a cseh partner is üzemeltet ilyen változatot.) Közben a Csehországból származó motor gyártása megszűnt, és a cseh tapasztalatokra építve a HM Technológiai Hivatalnál *egy új Wankel-motor beszerzésére és kipróbálására is sor került*. Az angol AR731 típusjelű Wankel-motor rezgésmentes járás, illetve csekély tömeg és kis geometriai méret (ebből fakadóan kis légellenállás) mellett képes biztosítani azt a Szojka repüléséhez optimálisan szükséges 30 kW teljesítményt, amelyből a fedélzeti rendszerek elektromos táplálására is megfelelő energia nyerhető.

A sárkányszerkezet anyagválasztéka repülőtechnikai minősítésű üveg-, szén-, aramid-, kevlárszál, illetve szilárd habanyagok vagy szendvics (ún. rohacell) struktúrák kombinációja. Ugyanezen anyagválasztékból kerülnek ki a burkolatok, az üzemanyagtartályok, a leszállító-ejtőernyő tokok. A repülőgép sárkányszerkezetének korszerűsítését – melynek során a korábbinál nagyobb szilárdságú, ugyanakkor könnyebb anyagok kerültek beépítésre - a Flytech Repülőtechnikai Kft.¹⁴ végezte el. A cég legyártotta a HTI részére a Szojka UAV sárkányszerkezetének sorozatgyártásához szükséges ipari szintű mintakészletet is.

¹³ Hajdú Ferenc – Sárhidai Gyula: A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézetől a HM Technológiai Hivatalig. HM Technológiai Hivatal, Budapest, 2005. 192. o.

¹⁴ Soproni és szombathelyi, 6700 négyzetméteres gyártócsarnokának telephelyén a cég kompozit sárkányszerkezeti elemeket gyárt az ultrakönnnyű repülőgépek németországi piacán vezető helyen álló Comco Ikarus GmbH és a Diamond repülőgépek számára.

A Szojka UAV komplexumot (UAS) a cseh haderő a kilencvenes években vette használatba, és a repülőgép alaptípusát ezen a néven 2011-ig gyártották. A továbbfejlesztett cseh Szojka esetében már más típusmegjelölést alkalmaztak, amelynél a szárny jósági fokát növelő wingletet (szárnyfület), növelt átmérőjű légcsavart, illetve kerek futóművet fejlesztettek ki. Az ezredforduló után a magyar fél is végzett további fejlesztéseket egy megnövelt teherbírású és repülési idejű változat kidolgozása érdekében.

2. A Szojka UAV szerkezeti kialakítása

2.1. A sárkány és a hajtómű rendszerei

A Szojka UAV felsőszárnyas, tolólégcsavaros, iker-faroktartós, osztott függőleges vezérsíkú, oldalkormány nélküli, csűrőkkel és vezérsíkkal irányítható típus, futómű nélküli, csúszótalppal ellátott szerkezet.



7. számú ábra. Korai Szojka UAV orrkamerás kialakítással és a 4 m fesztávolságú szárnyal¹⁵

¹⁵ Pilóta nélküli felderítő repülőeszközök Haditechnikai Füzetek 1. szám. HM Hadi-technikai Intézet, Budapest, 95. o.

A sárkányszerkezet kompozitanyagokból készült, alapvetően üveg-szál-erősítésű, a legnagyobb terhelésnek kitett helyeken szénszál-as, illetve aramid erősítéssel. A törzs középrészén egy ejtőernyőtartály helyezkedik el, mely a leszálláshoz szükséges ejtőernyő tárolására szolgál. Az ejtőernyőnyitás pirotechnikai úton, kisméretű segédrakétával történik. A törzs hátsó végén, a szárny alatt került elhelyezésre a tüzelőanyagtartály, mely háromórás repüléshez elegendő tüzelőanyagot tartalmaz. A hosszabb repüléshez póttartály helyezhető el a törzs belső részében. A gép külső oldalán, speciálisan megerősített csapok találhatók, melyeken a gép az indításkor fekszik a rakétahajtású kocsin.

A gép öt fődarabra bontható, melyek csavarkötéssel kapcsolódnak egymáshoz: törzs, szárny, két függőleges és egy vízszintes vezérsík.

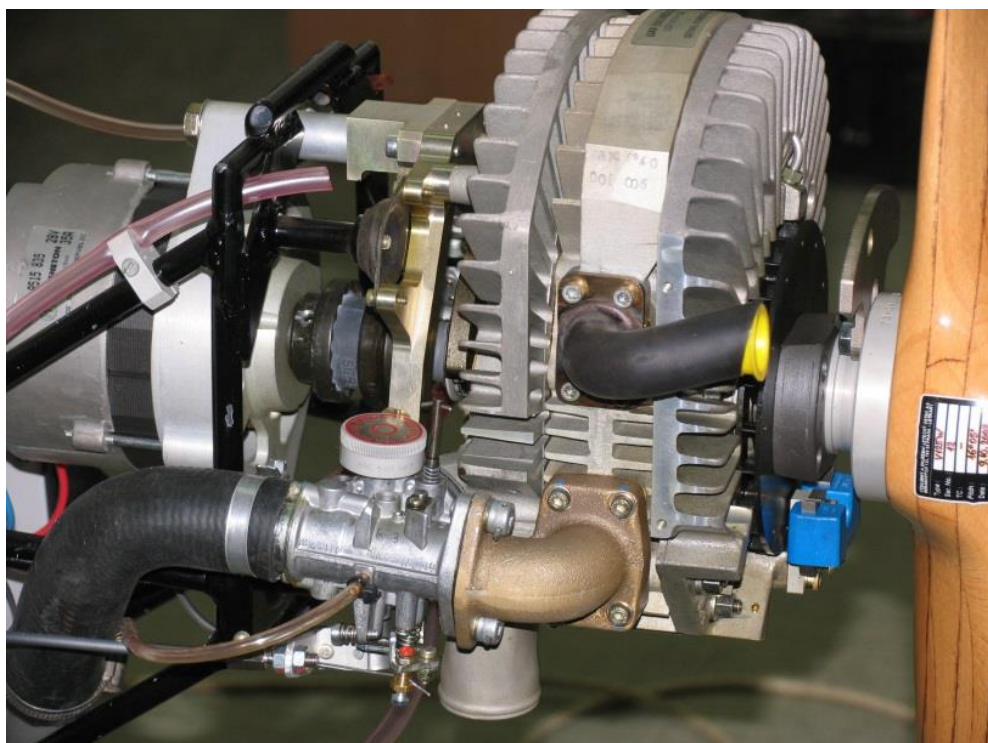


8. számú ábra. A Szojka kis homlokfelületű és légellenállású, könnyű és rezgésmentes Wankel-motorja. A Wankel-erőforrás földi próbái 2006-ban a HM Technológiai Hivatalnál

Hajtómű terén egyes korai változatokon cseh gyártású, kétütemű bokszermotor, valamint a továbbfejlesztett UAV-n egy angol Wankel-rendszerű motor került beépítésre.

A korai változatok dugattyús motortípusa kétütemű, léghűtéses, bokszerrendszerű, 20 kW teljesítményű, benzinüzemű, elektronikus gyújtású volt. A fedélzeti energiaellátást a motor által hajtott generátor biztosította, puffer-üzemben töltve az akkumulátorokat. A motorok által keltett hang a kipufogó rendszerrel hatékonyan csökkentésre kerül, így a gép közeledése nehezebben volt észlelhető.

A Wankel-rendszerű motor 30 kW teljesítményű, hasonló generátorral. (Eltérés, hogy fordított forgásirányú, más légcsavart igényel, nagyobb teljesítményű, kisebb tömegű és méretű, korszerűbb.) A motorok légi újraindítása indítómotor hiányában nem volt lehetséges. Az angol UAV Target cég számos forgódugattyús motort készít modellekbe, célrepülőgépekbe és pilóta nélküli légijárművekbe. A beépítésre került AR731-es típusú Wankel-motor is ezek közé tartozik, amelyet a cég kifejezetten célrepülőgépekbe ajánl. Ennek köszönhető a kedvező teljesítmény-tömeg aránya is, ahol a 9,9 kg-os tömeg mellett 28 kW (38 LE) teljesítmény leadására képes.



9. számú ábra. A Wankel-motor karburátora, a baloldalon a generátor, jobb oldalon az egyszerű szerkezetű, merev, kéttollú fa légcsavar¹⁶

¹⁶ SOJKA III Bezpilotni pruzkumny komplet. Vtul a PVO oz. 2004. 13. o.

Az igen kedvező 2,82 kW/kg teljesítmény-tömeg arány a 7800-as percnkénti fordulatszámnak és - a gyári adat szerinti - maximálisan 50 óra élettartamnak köszönhető. Fogyasztását a gyár 55%-os terhelésnél 0,55 lb/bhp/hr (332g/kW/h) értékben adja meg, amely a gépjármű- dízelmotorok több mint másfélszerese.¹⁷ Az *alkalmazott Szojka Wankel-motor ugyan könnyű és rezgésmentes, de óránként 13 liter üzemanyagot fogyaszt.* (Megjegyzendő, hogy napjaink NATO STANAG szabványai és az 1996. évi Single Fuel Concept elv a kerozinüzemű dízelmotorok alkalmazását helyezik előtérbe, ahol a nagyobb motortömeget a kisebb üzemanyagtömeg ellensúlyozza. Napjainkra a kis tömegű, magas fajlagos teljesítményű UAV dízelmotor tervezése már hazai mérnöki bázison is megvalósult.¹⁸) A Wankel-motor – amely napjainkra széles körben elterjedt a pilóta nélküli repülőgépeken – a kétütemű motorokkal ellentétben önálló olajkenési rendszerrel rendelkezik, ezáltal turbófeltöltővel is felszerelhető. A HM Haditechnikai Intézet mérnökei német példák alapján, egy tanulmány részeként többszempontú vizsgálattal igazolták az UAV Wankel-motorok feltöltésének előnyeit, igazolva egy, ezen a területen megvalósuló esetleges jövőbeni fejlesztés létjogosultságát.¹⁹ E fejlesztés azonban – a Wankel-motor csekély élettartama és magas hőterhelése miatt – számos kockázattal bír, megvalósítása hatékony töltőlevegő-visszahűtés és megfelelő kenőolaj alkalmazása mellett oldható csak meg.

¹⁷ UAV ENGINES LTD. England uav@uavenginesltd.co.uk

¹⁸ Dr. Hanula Barna professzor jelenleg a Győri Széchenyi István Egyetem Audi Hungária Járműmérnöki karának dékánja. 1989-től a német AVL SCHRICK GmbH fejlesztőmérnöke és projektvezetője, 1991-től motorfejlesztési vezetője, 1999-től ügyvezető igazgatója. A SCHRICK cégnél egy katonai felhasználású ultrakönnnyű, rendkívül magas fordulatszámú dízelmotort fejlesztett, amely 600 cm³-es lökettérfogatú kéthengeres, turbófeltöltéses, léghűtéses könnyűdízelmotor. 6000 1/min fordulatszámánál 34 kW (46 LE) teljesítményű, és mindössze 25 kg szerkezeti tömegű. Steven Weinzierl, Roger Wildemann, Barna Hanula: The Design and Development of a Light-Weight, High-Speed, Diesel Engine for Unmanned Aerial Vehicles. SAE Transactions, SAE International, Vol. 111, Section 3: JOURNAL OF ENGINES (2002), pp. 486-497.
<https://www.jstor.org/stable/44743077>

illetve Barna Hanula, Stephan Tafel, Andreas Mück & Christian Schlüter: Schnelllaufender Hochleistungs-Dieselmotor für kleine Flugzeuge. MTZ - Motortechnische Zeitschrift volume 64, 2003/4, pages 286–296. továbbá Tafel, S.; Hanula, B.: Der kleine schnelllaufende Hochleistungs-Dieselmotor. HdT-Tagung Hochleistungs- und Rennmotoren, Essen, November 2002. és Tafel, S.; Hanula, B., Andreas Mück, Christian Schlüter: Der kleine schnelllaufende Hochleistungs-Dieselmotor. In: Michael Bargende, Ulf Essers: Dieselmotorentchnik: 2004. Expert Verlag, 128-142.

¹⁹ Pilóta nélküli felderítő repülőeszközök Haditechnikai Füzetek 1. szám. HM Haditechnikai Intézet, Budapest, 27. o.



10. számú ábra. A Szyjka Wankel-motorja önálló olajkenési rendszerrel rendelkezik

A további fejlesztések között felmerült a futóműves változattal való kísérletezés. Ezzel összefüggésben tárgyalható a légcsvár fejlesztése is. A hazai repülő-háttérpar képes állandó állásszögű légcsvárok gyártására is csaknem minden motortípushoz.



11. számú ábra. Indítósínre daruzzák az UAV-t

Beszerezhető az ultrakönnyű repülőgépeken napjainkban már alkalmazott állítható állásszögű, nagyobb átmérőjű, 3 tollú légcsavar is, ám ennek felszerelése csak a futóművel rendelkező Szojka-variánszon lenne megvalósítható a hasmagasság növekedése miatt, illetve indokolt a felszállási úthossz csökkentése érdekében.

2.2. A Szojka fel- és leszállást biztosító rendszere: a katapult és az ejtőernyő

A repülőgép indításának támogatására gyorsítórakétás segédhajtómű szolgál, amely egy sínen gördülő kocsit gyorsít fel, amelyen a teljes motorterheléssel járó, felkészített repülőgép helyezkedik el. Erre a célra egy 12 m hosszú acélszerkezetű állvány szolgál, melyen az indítókocsi gördül.

Az összecusukható állványzat egy terepjáró gépjárműalvázra - a magyar készletben URAL-4320, a cseheknél TATRA 815 katonai tehergépkocsira - épített szerkezet. A rakéta a kocsi hátsó falához van rögzítve, míg a repülőgépet a törzsön kialakított csapok rögzítik. A kocsi 8 m távolságon belül éri el a repüléshez minimálisan szükséges 105 km/h sebességet, ekkor a gép leválik és önállóan repül tovább. A kocsit ezt követően egy elektromágneses fékszerkezet lefékezi, mielőtt elérné az állvány végét.

A fékszerkezet működtetéséhez, valamint a repülőgéphajtómű indításához, az indítást megelőző tápláláshoz az állványnak saját áramfejlesztő rendszere van. Az állványszerkezet összecusukható és közúton szállítható.

Az UAV sárkányszerkezetének kialakítása, szilárdsága olyan, hogy üzemszerűen használható 1,3 tonna (13 000 N) tolóerejű, 0,6 s égési idejű gyorsítórakétás felszállásnál – amely közel 6 g-s hosszirányú gyorsulást jelent –, illetve 125 km/h (min. 110 km/h) siklási sebességgel történő, csúszótalpas leszállásnál is biztonságosan üzemeltethető.²⁰

²⁰ Méhes Lénárd – Hennel Sándor – Hegedűs Ernő: Pilóta nélküli légijárművekhez kötődő szaktevékenységek az MH Logisztikai Ellátó Központnál Új Honvédségi Szemle, 2011. évi 2. sz.



12. számú ábra. Az UAV indítása katapultról 1 tonna tolóerejű startrakétával²¹

A leszállás megfelelő terepi viszonyok között csúszótalpakra, vészhelyzetben vagy szűk terepen ejtőernyővel történik, bár a leszállást alapvetően ejtőernyős leszállásúra tervezték. Ehhez a gép törzsében behajtogatott és merev tokban elhelyezett ernyő található. Az ernyőt rögzítő hevederek a törzs megerősített pontjaihoz csatlakoznak és biztosítják, hogy kinyílás után a törzs vízszintes helyzetbe kerüljön. Az ernyő nyitása előtt a hajtóművet le kell állítani. Vészhelyzetben az ernyő nyitása automatikusan történik. Az ernyő kivetésére a tokból egy kisméretű rakéta szolgál, melyet elektromos úton a robotpilóta vezérel. A biztonságos ereszkedéshez az ernyőnyitásnak minimálisan 200 méteres magasságban meg kell történnie. A körkupolás ernyő hozzávetőleg 4-5 m/s ereszkedési sebességet biztosít, oldalszélben azonban relatíve jelentős a kilengése. Megfelelően előkészített vagy kiválasztott, kellő méretű és akadálymentes leszállóhelyen jól képzett, gyakorlott kezelők csúszótalpakra is leszállíthatják a gépet. Csúszótalpra azonban csak elegendő hely és kedvező terepviszonyok esetén lehet leszállni. Ilyenkor csillapítóként egy, a törzs alján a torlónyomás segítségével felfújódó „légzsák” is működésbe lép. A csúszótalpas leszállás alkalmazásával, az ejtőernyő elhagyásával növekszik az UAV törzsében rendelkezésre álló belső tér.

²¹ Vég Pál: A Denevér rövid története. <http://users.atw.hu/hadmer0/denever.html>



13. számú ábra. A Szojka UAV korai változata a segédtrakétás indítás során 12 méteren éri el a 130 km/h-s startsebességet



14. számú ábra. A Szojka leszállása ejtőernyővel²²

²² Hajdú Ferenc – Sárhidai Gyula: A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig. HM Technológiai Hivatal, Budapest, 2005. 192. o.

A kormánysszerveket szervóhajtások mozgatják. Minden mozgatus azonos vezérléssel történik, ugyanakkor rendelkezésre állnak tartalék vezérlőcsatornák is. Az alkalmazott üzemmód lehet kézi irányítású (fel- és leszálláskor), illetve félautomata, a robotpilótával stabilizált jellemzők alapján. Repülés során adott útvonalon lehetséges a gépet a beállított paramétereknek megfelelő, stabilan tartott jellemzőkkel önállóan üzemeltetni, például állandó magasságon és irányon, illetve automata üzemmódon, a robotpilótába táplált útvonalprogram alapján.

Autonóm üzemmód esetén a fedélzeti elektronika nem igényli a folyamatos kapcsolatot a földi irányítóponnal, így érhető el a legnagyobb felderítési távolság. A repülés során a felderítési feladatok manuális vezérléssel, illetve előre programozott módon kerülhetnek végrehajtásra, a menet közben felmerült módosítási igények utólag, a felszállást követően is beiktathatók a programba. A kapcsolat megszakadása esetén a gép automatikusan átvál egy előre betöltött programra.

2.3. A Szojka fedélzeti elektronikai és kommunikációs eszközei

A Szojka pilóta nélküli repülőgép fedélzeti elektronikai eszközeinek választékából a vizuális felderítés céljaira szolgáló kamerák két csoportba oszthatók. *Panorámafelderítésre* a repülőgéptörzsbe építhető kamera alkalmazható, amely egy liftszerkezettel teljesen behúzható a fel- és leszállás során várható sérülések elkerülése, illetve a légellenállás csökkentése érdekében. A panorámafelderítésre szolgáló kamerák színes és fényerősítéses (passzív éjjellátó) változatokban vízszintes síkban körkörös, függőleges síkban 190°-ban forgathatók. *Szektoros felderítésre* alkalmas kamerát a repülőgép orr-résében lehet elhelyezni. Ezek a kamerák két tengely körül távvezérléssel forgathatók, vízszintes síkban $\pm 45^\circ$ -ban, függőleges síkban 0° – 70° között, optikai jellemzőik ugyancsak távvezérléssel változtathatók. Fő jellemzői: 0,1 lux érzékenység (fekete/fehér), 0,3 lux (színes), 0,01 lux (csillagfény-erősítő), zoom átfogás: 1:6, 1:10, 1:15 (választható), felbontás: 400 sor.

A rádiólokációs felderítő- és zavaróberendezés földi telepítésű lokátorok felderítésére, hozzávetőleges irányának meghatározására és zavarására szolgál. Hosszabb felderítési idő alatt, folyamatos pontosítással térképháttérben a sugárzó objektum helye megállapítható. A felderítés és a zavarás irányítása RS 232 C szabványú vezérlőfelületen történt. Jellemző adatok: 2-18 GHz frekvenciasáv, 10 W zavaradó-

teljesítmény, 16 MHz frekvenciaadat-felbontás, - 60 dBm érzékenység, 50 dB dinamikai tartomány, 50 ns minimális impulzushossz, 3 μ s válaszzavar kidolgozási idő, 10° iránymérési pontosság.

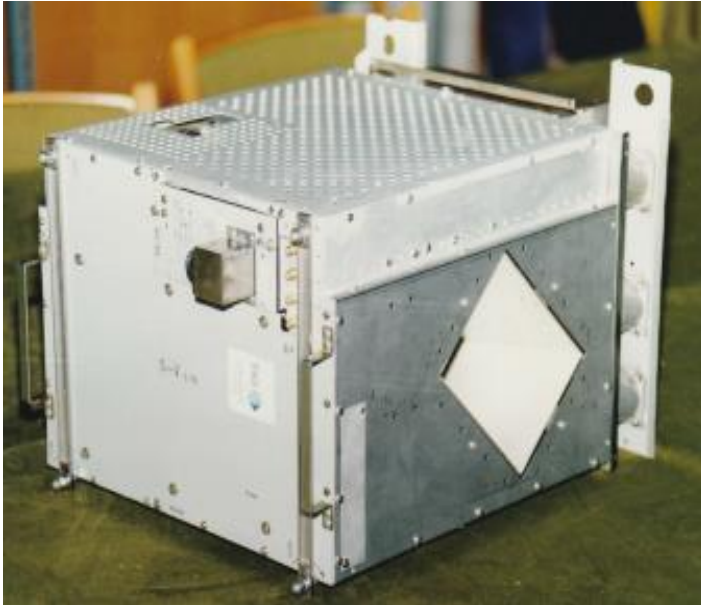


15. számú ábra. Az UAV irányítására szolgáló antennák

A rádiókommunikációt felderítő és zavaró berendezés a földi telepítésű rádiókapcsolatok felderítésére, lehallgatására, irányának mérésére, illetve zavarására szolgál. A berendezés távvezérlése RS 232 C szabványú felületen történik. Műszaki paraméterek: 20-100 MHz működési frekvenciasáv, kutatás, söprés, ill. lehallgatás üzemmódok, 5° iránymérési pontosság, 50 W zavarási teljesítmény.

A PC-kártya kivitelű vevőkészülék (hazai fejlesztés) távvezérelt üzemre képes 20-1000 MHz sávban, 6 MHz sávszélességű vételre 100 kHz-es lépésekben. Vele egy egységet alkot a zavarómodulátor, amely beállítható paraméterű, szélessávú zavarokat képes előállítani, miközben belső memóriájában tárolt, elsődleges fontossági és tiltó

adatokat is figyelembe vesz. Ilyenek, például a saját frekvenciák, kiemelt jelentőségű adások.



16/a. számú ábra. Lokátorfelderítő és -zavaró berendezés;²³
16/b. számú ábra. Rádiófelderítő és -zavaró berendezés²⁴

²³ Pilóta nélküli felderítő repülőeszközök Haditechnikai Füzetek 1. szám. HM Hadi-
technikai Intézet, Budapest, 97. o.

²⁴ Uo.

A vevő jeleinek feldolgozását egy DSP processzorra²⁵ alapozott külön kártya végzi, amely egyben a zavaróberendezés jeleit is kidolgozza. Az eszköz önállóan is működőképes és távvezérelhető is. A felderített adatok egy e célra létesített vagy fenntartott csatornán kerülnek átvitelre.

A háborús és a békeidőszaki nukleáris események következményeinek értékelésére külön berendezés került kifejlesztésre. A *radioaktív sugárzás felderítését és mérését végző szonda* a gamma-sugárzás földfelszíni értékének megállapítására szolgáló berendezés. Ez lényegében egy, a nukleáris létesítmények, a hulladéktemetők ellenőrzésére alkalmas gammasugárzás-detektáló és -mérő műszer.



17. számú ábra. A Szojkához fejlesztett gammasugárzás-mérő szonda²⁶

A széles mérési sávban dolgozó műszer a térképi adatbázisra támaszkodva a repülési magasságon mért értékekből földfelszíni adatokat szolgáltat, és a fedélzeten is tárol. Nukleáris katasztrófák következményeinek kockázatmentes felmérésére alkalmas. Mérési tarto-

²⁵ **Digitális jelfeldolgozó processzor** vagy **digitális jelprocesszor** (angolul: *digital signal processor* - **DSP**) egy olyan specializált *mikroprocesszor* (vagy *SIP blokk*), amelynek felépítését, architektúráját kifejezetten a *digitális jelfeldolgozás* működési igényeihez optimalizálták.

²⁶ Pilóta nélküli felderítő repülőeszközök Haditechnikai Füzetek 1. szám. HM Hadi-technikai Intézet, Budapest, 97. o.

mánya a háttérsugárzástól a reaktortér-sugárzásáig terjed, automatikus méréshatárváltással ($5 \mu\text{Grey/h} - 100 \text{ Grey/h}$).²⁷ A földi kiértékelő munkahelyen az adatok táblázatosan vagy diagramban jeleníthetők meg. Lehetőség van az adatok térképháttéren történő ábrázolására is.

A fedélzet-föld, illetve föld-fedélzet irányú kommunikáció terén többféle berendezés készült korábban is, valamint napjaink fejlesztései is erre a területre irányulnak. A felderítési információk, adatok és képek átvitelére külön, a gép irányítórendszerétől független berendezés és rádiócsatorna szolgál. Az első megoldásként kifejlesztésre került egy FSK-modulációjú adó-vevő adatátvitelre. Az eszköz 30 MHz frekvencián működik, és adatátvitelhez 9600 bit/s sebességre alkalmas.



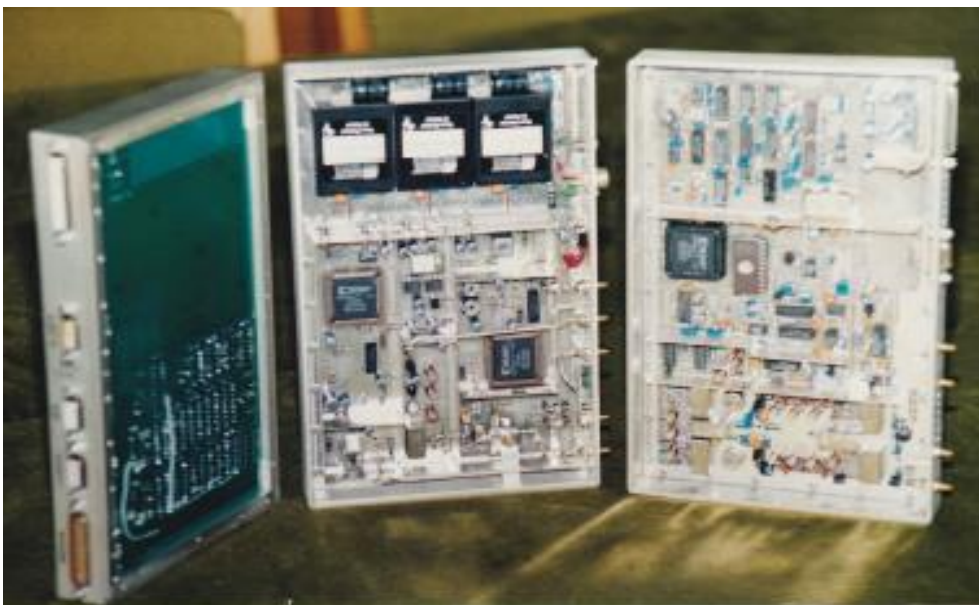
18. számú ábra. Wankel-motoros Szojka-variáns az indítógépkocsi állványán. Jól látható a gyorsítórakéta

Az analóg rendszerű, FM-modulációjú képadó és -vevő 1200 MHz frekvencián működik, egy videójel analóg átvitelére képes. Antennája a földön irányított és követőrendszerű, míg a fedélzeten körsugárzó. A klasszikus felépítésű, 1200 MHz rádiófrekvencián FSK-modulációt

²⁷ mikroGray/óra.

alkalmazó rádiótípus három duplex digitális csatornával és egy szimp-lex analóg videócsatornával távolságmérésre és irány szerinti követésre szolgáló mérőjellel. Mérőjele analóg, 1,5 kHz, a képátvitel fekete-fehér videójel, 3 MHz sávszélességgel. Adatátvitel: 3 x max. 16 kbit/s sebességű RS 232 C szabványú csatlakozással, adóteljesítménye 10 W.

A szórt spektrum üzemmódú rádió adó-vevő a fedélzeten nyert információk, elsősorban a képek védett, nagysebességű, digitális csatornán történő átvitelére áll rendelkezésre 4500-4600 MHz frekvenciasáv tartományban. A berendezés egybeépül egy olyan számítástechnikai egységgel, amely képes egy, esetleg két videójelet fogadni, annak jeleit egy tömörítési eljárással 2-3 Mbit/s sebességű adatfolyammá alakítani és széles frekvenciasávban szétteríteni. A teljes csatorna adatsebessége 11 Mbit/s, az elfoglalt rádiófrekvenciás sávszélesség kb. 25 MHz. A rendelkezésre álló sebességtartomány felosztható más módon is. Pl.: egy kép és egy nagysebességű adat vagy két kép egyidejű átvitelére. Az adóberendezés teljesítménye 2 Watt.



19. számú ábra. Szórt spektrumú duplex kommunikációs berendezés

A földi rádióberendezés adóteljesítménye 8 W, 24 dB nyereségű, irányított, követőrendszerű antenna biztosítja a megbízható összeköttetést, míg a fedélzeten 12 dB nyereségű tölcse sugárzó vagy körsugárzó antenna került alkalmazásra. A követés a földön és a fedélzeten egyaránt a repülőgép GPS-alapon mért pozíciója és a földi állomás

ismert pozíciója alapján történik. A repülőgép távolságának kiértékeléséhez szolgáltatott mérőjel 100 km-ig teszi lehetővé a mérést 100 méteres felbontással. Az alkalmazott spread spectrum (szórt spektrumú) modulációs eljárás hatékony ECCM képességeket (Electronic Counter-Counter Measures – Elektronikai ellentevékenység elleni tevékenység) nyújt a kommunikációs rendszernek, így az összeköttetés nehezen felderíthető, illetve zavarható.

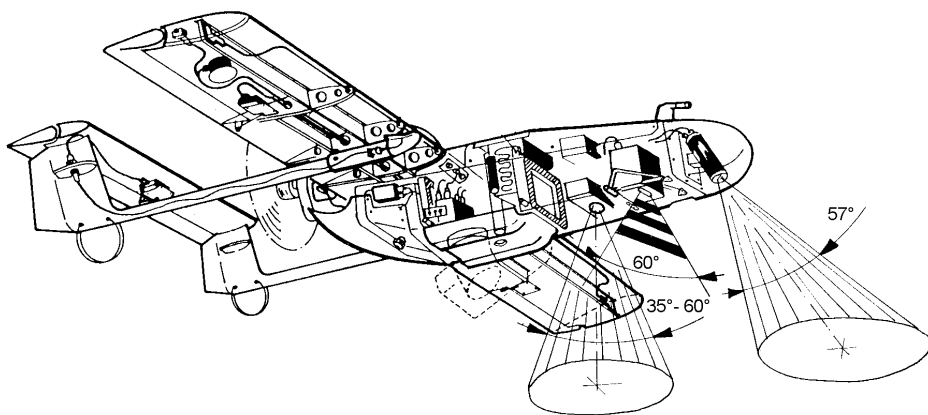


20. számú ábra. Az orrkamera



21. számú ábra. A törzsbe behúzható kamerarendszer

A robotpilóta, a csatlakozó földi eszközökkel együtt, az UAV félautomatikus, illetve automatikus repülését biztosítja. *Csatornák száma:* 8 fokozatmentesen állítható szervóhajtás és 6 kapcsoló. A robotpilóta számos érzékelővel tart kapcsolatot: statikus nyomás (magasság), dinamikus nyomás (sebesség), fordulatszám, dőlési szögsebesség, bólintási szögsebesség, iránymérő (mágneses), ellenőrzött paraméterek mérői (hőmérséklet, üzemanyag-mennyiség, elektromos jellemzők stb.). Vezérli a kormánysszerkezetet, a motort, az ejtőernyőt és a fedélzeti adattárolót, valamint a „fekete doboz” repülési adatrögzítő számára is szolgáltat adatokat.



22. számú ábra. Sojka UAV felépítése és fő berendezés-blokkjai²⁸

A földi irányítóállomással sajátos, csak erre a célra fenntartott rádiókapcsolatot használ. A robotpilóta biztosítja a repülési paraméterek megtartását, a pontos program szerinti repülést, a vészhelyzetekre vonatkozó programok helyes működését. A kommunikáció megszakadásakor előre rögzített algoritmus szerint automatikus repülésirányításra kapcsol, megkísérli a rádiókapcsolat helyreállítását, ennek sikertelensége esetén visszafordítja a gépet a kiindulási irányba. A robotpilóta és a földi állomás kapcsolatát biztosító deciméteres hullámsávú digitális duplex rádió adó-vevő 16 kbit/s adatátviteli sebességre képes. Az alkalmazásra kerülő hibajavító eljárás biztosítja az összeköttetés folyamatos minőségét.

²⁸ SOJKA III Bezpilotní průzkumný prostředek. VTÚL a PVO, Praha, 2000.

2.4. Az UAV földi irányításának és kiszolgálásának eszközei

A földi irányítóközpont eszközei egy gépjárműbe voltak beépítve, installálva. Az operátor számára rendelkezésre álló osztott képernyő tartalmazza a fedélzeti műszerek adatait, a térképet útvonalrajzolással és az élő fedélzeti kameraképet. Az egyes képmezők aránya a feladattól függően módosítható.



23. számú ábra. Az irányítójármű az antennákkal. Háttérben a Haditechnikai Intézet épülete

Négy gépjárműből álló konvoj képezi a komplexum készletét. Az első a szállítókonténeres jármű, amelyben négy darab repülőgép, javító- és tartalékanyag található. A következő az indító állványzatot hordozó jármű a repülőgép rakétával történő indításához, a felemeléshez szükséges kisméretű daruval. Ezt követi a műszaki mentő gépkocsi és utánfutó, mely a távolabb leszállt repülőgép visszaszállítására szolgál. A konvoj utolsó eleme a földi irányítóállomás, mely tartalmazza a kommunikáció eszközeit, antennáit, a pilóta és a felderítőszemélyzet munkahelyeit. A saját áramforrással rendelkező konténer egy hattonás tehergépkocsira került elhelyezésre. A tetőszerkezeten követőrendszerű antennák láthatók, így a kép átvitelére szolgáló parabola és az

adatátvitel körsugárzója. (Levegő-föld irányban képátviteli és digitális csatornák, fordított irányban digitális csatornák (követőrendszerű adó-vevő antennák a konténer tetején).



24. számú ábra. Kísérleti Szojka UAV kerekes futóművel és a szárnyfelület növelése érdekében létrehozott csatolt szárnszerkezettel²⁹

A konténerben dolgozik az UAV-irányító operátor, a felderítőtszt, a kiértékelő, és esetleg más egyéb felderítőeszközök kezelésével foglalkozó személy is, például a sugárásmérő szondával dolgozó operátor. Kezelői munkahelyek: az operátor számára számítógépes munkahely digitális térképpel, útvonalrajzolással, műszerfallal, a fedélzeti kamera élő képével. A felderítőszemélyzet számára számítógépes munkahelyek, a digitális térképen útvonalkövetéssel, a fedélzeti kamera élő képével, a kamera mozgatásának lehetőségével, a képek rögzítésére és feldolgozására szolgáló berendezéssel és szoftverekkel. A telepítés, tájolás, előkészítés időigénye 30 perc (5 fővel). A folyamatos kommunikáció stabilitásának alapvető feltétele a hatásos antennamagasság, mely megfelelő magasságú antennaárboccal kialakítható.

Elsőként az irányítókoténer tetején 5 méter magasságú antennákkal került kialakításra a rendszer. Másodikként egy furgonos változat

²⁹ Vég Pál: A Denevér rövid története. <http://users.atw.hu/hadmer0/denever.html>

készült el 4 m magas antennával. Harmadikként a furgonos változat egy pneumatikusan kitolható, 9 m magas antennával került ellátásra. Extrém igények esetén alkalmazható a kamionalvázra épített, vontatható, hidraulikus működtetésű antennatorony, 42 m magasán elhelyezett antennákkal. A kommunikáció legkorszerűbb, digitális változata 4500 MHz frekvenciasávon működő, számítógép-szabványú, illetve saját kódrendszerű 10 Mbit/s sebességű adatkapcsolatra alkalmas.

3. A Szojka kategóriájú UAV-k hazai fejlesztésének perspektivikus lehetőségei

E tanulmány a Szojka pilóta nélküli repülőgép fejlesztési programja tapasztalatainak feldolgozására tett kísérletet. A Szojka UAV fejlesztésének eredményeit a hazánkban rendszeresített katonai alkalmazású UAV-k képességeinek tükrében célszerű vizsgálni (2. sz. táblázat). A szakasz-század-zászlóalj szintű felderítés eszközeivel – a Skylark 1 UAV rendszerítésének köszönhetően - már rendelkezik a Magyar Honvédség. A pilóta nélküli repülőgépek hazai fejlesztése – a Meteor 3MA, a Bora és az Ikran UAV-k létrehozásával – jelentős eredményeket ért el a 20-30 km-en belüli felderítés területén is.³⁰

Habár alkalmazói igény felmerülhet több, nagy teljesítményű kamera nagy távolságú, hosszú időtartamú kijuttatására, illetve célmegjelölésre, az erre alkalmas közepes (MALE) kategóriában jelenleg nincs rendszeresített hazai UAV-eszköz.³¹ A HM Haditechnikai Intézetnél és annak utódszervezeteinél, valamint a HM VGH KFTO-nál fejlesztett Szojka UAV ebbe a kategóriába sorolható.

Egy korszerű UAV-konstrukció fő feladata továbbra is a jó minőségű és hatékony felderítés. Egyre több, pontosabb, jobb képességű felderítőberendezés – hagyományos és infrakamera - építhető a pilóta nélküli repülőgépekre. Lehetőség van a valós időben sugárzott mozgóképek előállítására nappal és éjjel, a képminőség megtartására speciális rezgéscsillapító és mozgó, célkövető hordozókeretekkel. A katonai elvárásoknak megfelelően napjainkban már kizárólag kódolt közvetítő egységeket lehet csak beépíteni.

³⁰ Molnár Attila: A Honvédelmi Minisztérium hadiipari cégeinek pilóta nélküli repülőgép-fejlesztései Haditechnika, 2013. évi 4. szám

³¹ MALE UAV– Medium-Altitude Long-Endurance Unmanned Aerial Vehicle: legalább 200 km hatótávolság és legalább 3000 m csúcsmagasság jellemzi ezt a kategóriát.

A SZOJKA UAV ADATAINAK ÖSSZEGETÉSE MÁR TÍPUSOKKAL

2. számú táblázat

Típus	Feladatkör	Max. fel- szálló tö- meg	Hasznos tömeg	Rádióható- sugár
Skylark- 1/LE³²	szakaszszintű felderítő	6,3 kg	0,9 kg	15 km
Skylark 1/LEX³³	zászlóaljszintű felderítő	7,2 kg	1,2 kg	40 km
Bora	kis hatótávolságú felderítő	6,5 kg	1 kg	20 km
Ikran	kis hatótávolságú felderítő	15,7 kg	3 kg	20 km
Meteor 3MA	célrepülőgép	25 kg	4 kg	20-25 km
Skylark 3³⁴	zászlóaljszintű felderítő	45 kg	10 kg	100 km
Szojka	közepes ható- távolságú fel- derítő	145 kg	30 kg	200 km

Nagy felbontású, erősen zoomolt képek mellett éjjellátóval készült felvételeket, hőkamerás képeket, visszaigazolt célkoordinátákat (lézerekkel megjelölve) és radioaktív sugárzásra vonatkozó adatokat, esetlegesen kis területű (rádió, GPS, telefon) zavarásokat is elvárnak az alkalmazók ezektől a felderítőeszközöktől. *(A fejlesztési lehetőségek hátterében egyre inkább meghúzódnak a fegyverzet UAV-ra telepítésének az igénye (vagy loiter munition-ként történő alkalmazás igénye) is, ahol a megfigyelésen túl az azonnali beavatkozás lehetősége is megjelenik. A repülésből jól ismert kedvező pozíció és helyzet a fegyverhasználat hatékonyságát ebben az esetben is megnöveli – még 100 kg nagyságrendű függesztett fegyverzet esetén is. Napjainkra a felfegyverzett drónok nagy darabszámú harctéri alkalmazása – a 2020. évi örmény-azeri háború tapasztalatai alapján - alapjaiban változtatja meg a hadviselést.³⁵⁾*

³² A Magyar Honvédségnél már kivonásra került.

³³ Skylark 1/LEX <https://elbitsystems.com/products/uas/skylark-i-lex/>

³⁴ Skylark 3 Mini Unmanned Aircraft System (UAS) <https://www.army-technology.com/projects/skylark-3-mini-unmanned-aircraft-system-uas/>

³⁵ Somogyi Zoltán Márk: A második hegyi-karabahi háború katonai szemszögből 1-2. rész Honvédségi Szemle 2021. évi 5-6. szám, illetve Nyirán Tamás: A dél-kaukázusi drónháború. https://www.kulpologika.hu/post/a-del-kaukazusi_dron (2021.07.27.)

Minden felsorolt berendezés, többletképesség – a korunkat jellemző miniatürizálás ellenére is – jelentős tömeg- és méretnövekedéssel jár. A berendezések kiszolgálása, elektromos (esetenként különböző frekvenciát, áramerősséget igénylő) táplálása szintén további tömeg- és méretnövekedést okoz. A felhasználói igényeknek megfelelően mind nagyobb berepülhető távolság és mind hosszabb levegőben töltött idő az elvárás. Ezek a felmerült igények mindinkább a könnyűtől a közepes méret-kategóriájú UAV-k felé tolja a fejlesztőket. A missziós szolgálatellátással kapcsolatos felhasználói igények egy olyan UAV eszköz alkalmazását is sürgetik, amely képes 3-4 órán keresztül a légtérben tartózkodni és felderítő eszközként funkcionálva hatékony kíséretet biztosítani egy konvoj számára. (Egyszerűsége és egyéb előnyei miatt – amíg az eszköz szerkezeti tömege azt megengedi – az elektromos meghajtás preferált.)

Az UAV alkalmazásának harcászati eljárásai 2010-ben kezdtek kiformálni Afganisztánban, amikor a PRT (Provincial Reconstruction Team – Tartományi Újjáépítési Csoport) nyolcadik váltása megkezdte a Skylark UAV éles körülmények közötti alkalmazását. Követelmény volt, hogy „az UAV videófelvevétele *azonnal megjelenjen a hadműveleti központban*, elérhetővé téve az információt a hadműveleti részleg számára, további lehetőséget biztosítva a döntéshozónak. A PRT vezetése, valamint a részlegek egyre inkább megszokták és igényelték a felderítőeszközt. A kezdeti általános igények kiszolgálása, valamint az *útvonalfelderítés* a későbbiekre számos, egyéb feladattal egészült ki. Egyre többször alkalmazták FOB (Forward Operation Base – előretolt műveleti bázis) feladatokban, CIMIC (Civil-Military Cooperation – polgári-katonai együttműködés) projektek biztosításában, ellenséges tevékenység felderítésében - kiemelten a lesállítás és a valószínűsíthető IED (rögtönzött robbanóanyag eszköz - Improvised Explosive Devices) támadás felkutatása céljából. Mindezek mellett *alapfeladatnak mondható a saját erők előtti útvonalfelderítés, valamint - a hatótávolságon belüli - kísérés.*”³⁶ Természetesen a konvojkísérés és -biztosítás jelentős hatótávolságot és megfelelő sebességet követel meg az alkalmazott UAV-tól, aminek a kézi indítású, elektromos meghajtású szakasz-századszintű felderítőeszközök már nem biztos, hogy meg tudnak felelni.³⁷

³⁶ Dr. Palik Mátyás Pilóta nélküli repülés nemzeti Közszolgálati Egyetem, 2013. 57. o.

³⁷ A jelenleg leggyakrabban alkalmazott kézi indítású UAV harci lehetősége (illetve alkalmazási korlátja): a repülési idő 3 óra fagyponthoz felel meg, mint az UAV. A vezérlőpult akár az egyik járműbe telepíthető, és az UAV akár önállóan egy adott sugarú körön belül is repülhet.

Az akkumulátorok jelenlegi technológiai lehetőségeinek felső határát figyelembe véve napjainkban akár mintegy 45-50 kg-os UAV felszállótömegig megfelelő az elektromos meghajtás, amely akár mintegy 5 órás repülési időt is biztosíthat (pl. a katapult-indítású Skylark 3 – lásd: 2. sz. táblázat). Az e fölötti szerkezeti tömegnél, illetve e fölötti repülési időhöz már szükséges a belsőégésű motor.³⁸

Közepes kategóriában már belsőégésű motorral szerelt UAV-k szükségesek, több üzemanyaggal, megnövelt repülési idővel és sebességgel. Ezek a minőségi bővítések azonban jelentős többletsúllyal (több kamera, több fedélzeti elektronika, több üzemanyag) járnak, amely az egyszerű, könnyű kézi indítású UAV rendszerek alkalmazásának lehetőségét egyre inkább beszűkítik. Ilyen követelményrendszer mellett egyre nagyobb teret nyerhetnek a közepes kategóriába tartozó, katapultról vagy útszakasról indítható UAV-k. Ugyanakkor a szárazföldi erők napjainkban is konzekvensen preferálják a katapultos indítást.³⁹

A Szojka további fejlesztéséhez felmerülhet: a szárny jósági fokát növelő winglet, növelt relatív átmérőjű légcsavar, illetve kerek futómű. A kerek futómű alkalmazásával – a rakétás start elmaradása miatt – csökkenthetők az üzemeltetés költségei, miközben az ejtőernyő elhagyásával növekszik az UAV törzsében rendelkezésre álló belső tér.

A Szojka pilóta nélküli repülőgép műszaki fejlesztési tapasztalata mellett jelentős tapasztalatokat szereztünk az üzemeltetés emberi oldalát illetően is; ezek nem hanyagolhatók el a rendszer megbízható működtetése érdekében. A rendszer zavartalan ellátásához 6 fő szükséges, akik folyamatosan erre a feladatra vannak kijelölve, és minden nap ezt a tevékenységet gyakorolják. Egy ilyen méretű és teljesítményű gép megbízható irányítása megköveteli, hogy hetente minimum két alkalommal repülési gyakorlásra kerüljön sor. Ez független a rendszerben működő automatizmustól, a rutinszerű működtetési képességet csak így lehet megszerezni.

³⁸ Erre példa a Skylark3 Hybrid. A kirepüléshez az (elől beépített) belsőégésű motort használja, a felderítéshez a (hátról elhelyezett) elektromos motort. <https://elbitsystems.com/media/SKYLARK-3-Hybrid.pdf>. A 120 kg-os Shadow UAV már egyértelműen belsőégésű motort (az adott típusnál egy Wankel-motort) igényel.

³⁹ Ennek okai: a harcászati helyzet nem mindig teszi lehetővé a megfelelő minőségű futópályáról történő felszállást (és ritka a teljesen tiszta akadálymentes felszállókúp). Leszálláshoz rendszerint elegendő egy 300 m sugarú akadálymentes terület (pl. mezőgazdasági terület).

Összegzés és következtetések

Összességében a Szojka UAV fejlesztésének tapasztalatai alapján elmondható:

- A Szojka UAV magyar-cseh együttműködés eredményeképpen jött létre.
- A fejlesztés késői szakaszában a Haditechnikai Intézet és a Technológiai Hivatal által gyökeresen továbbfejlesztett sárkányszerkezet hazai gyártásának lehetőségét megteremtették egy kapacitásfenntartási szerződéssel biztosított gyártóssal, emellett egy, a nemzetközi piacon széles körben beszerezhető Wankel-rendszerű motor került felhasználásra, így a magyarok által továbbfejlesztett Szojka minden tekintetben követte a technikai fejlődés irányvonalát.
- A Szojka sárkányszerkezetének elrendezése az e kategóriában világszerte széles körben leginkább elterjedt, kiforrott formát követi: 100 db, 2012-ben a világ haderőiben alkalmazott leggyakoribb UAV típus közül mintegy 30 a Szojkával közel azonos méretű és teljes mértékben egyező felépítésű felsőszárnyas, tolólégcsavaros, kettős törzsníványú repülőeszköz. (A 30 UAV-ból mintegy 20 azonban kerek futóművel rendelkezik).
- A hazai fejlesztés eredményeképpen felhasználásra került szén- és aramidszálas sárkányszerkezeti anyagok, illetve a könnyű és rezgésmentes Wankel-motor alkalmazása következtében az UAV a kor színvonalának megfelelő technológiai és teljesítményszintet képvisel.
- A program során felmerült további fejlesztések: a motor légiindíthatóságának megoldása (pl. indítómotor-generátorral); kerek futóművel szerelt változat fejlesztése; nagyobb átmérőjű, állítható állásszögű, 3 tollú, jobb hatásfokú állítható légcsavar felszerelése⁴⁰; a szárny aerodinamikai jósági fokának javítása (szárnyvégi zárólappal vagy winglettel, esetleg szárnyvégi kiegészítő üzemanyagtartállyal) a hatótávolság növelése érdekében; turbófeltöltött Wankel-motor fejlesztése, korszerű avionika és felderítőrendszerek.

⁴⁰ Nagyobb átmérőjű légcsavar felszerelése csak a futóművel rendelkező Szojka-variánsban lenne megvalósítható a hasmagasság növekedése miatt, illetve indokolt a felszálló úthossz csökkentése érdekében.

Összességében a Szojka UAV egy jó gondolat alapján sikeres fejlesztés volt, jó technikai, tudományos, együttműködő háttérrel. A fejlesztés idő előtti megszakítása a szervezetistruktúra-váltások, az elhúzódozó fejlesztés, a rendszeresítés hiánya és természetesen az alultervezett költségvetés, a pénzhiány következménye volt. (Ugyanakkor a cseh haderő jelentős darabszámban, évtizedekig rendszerben tartotta a Szojka UAV-t.⁴¹)

A Szojka-program (illetve annak tapasztalatai) bizonyos korszerűsítések elvégzését követően alkalmas lehet a közepes (MALE) UAV területén mutatkozó hazai felhasználói igények kielégítésére olyan módon, hogy előállítására – a Wankel-motor és néhány járulékos berendezés kivételével – hazai bázison kerüljön sor. (A szerzők köszönetet mondanak Méhes Lénárd őrnagy úrnak a tanulmány elkészítése során nyújtott magas szintű szakmai támogatásért.)

Felhasznált irodalom

Amaczi Viktor: Többcélú, kisméretű, pilóta nélküli repülőgép komplexum Haditechnika, 1992. évi 1. szám

Barna Hanula, Stephan Tafel, Andreas Mück & Christian Schlüter: Schnelllaufender Hochleistungs-Dieselmotor für kleine Flugzeuge. MTZ - Motortechnische Zeitschrift volume 64, 2003/4, pages 286–296.

Dr. Kesselyák Mihály: A Magyarországon megvalósítandó robotrepülőgép aerodinamikai és szilárdságtani számításai Nyíregyháza, 1986.

Dr. Palik Mátyás (szerk.): Pilóta nélküli repülés. Nemzeti Közzolgálati Egyetem, 2013.

Fedélzeti eszközkészlet a PNR-hez, Haditechnika '97 C+D különszám, Budapest, 1997.

Furján Attila: Szojka III/TV. A többcélú, kisméretű pilóta nélküli repülőgépkomplexum. Új Honvédségi Szemle 1998/1., p. 131-138.

Gádor Róbert - Urbán József - Szuromi Zoltán - Farkas Gábor: Tanulmány a távirányítású mini-robotrepülőgép hazai fejlesztésére és gyártására Pestvidéki Gépgyár, Szigethalom, 1984. 134 p.

⁴¹ Czech army: UAV Sojka III. <https://www.youtube.com/watch?v=8pQnhBnuO8w>; illetve UAV Sojka (Jaybird)-with history. <https://www.youtube.com/watch?v=xL5QVBQyL6s> továbbá UAV Sojka (Jaybird)-takes-off. https://www.youtube.com/watch?v=QM_JZ_ZHrQA

Gádor Róbert: Irányelvek és építési követelmények a Magyarországon megépítendő robotrepülőgéphez Budapest, 1985/86.

Hajdú Ferenc – Sárhidai Gyula: A Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézettől a HM Technológiai Hivatalig. HM Technológiai Hivatal, Budapest, 2005. 188-1992. po.

Hegedűs Ernő: Légideszant műveleteknél alkalmazott pilóta nélküli és rohamdeszant repülőeszközök konstrukciós jellemzői. A ZMNE BJKMK Repülőműszaki Intézet „Pilóta nélküli repülőgépek katonai alkalmazhatósága” című konferenciáján elhangzott előadás szerkesztett anyaga a Repüléstudományi Közlemények különszámában, Szolnok, 2007. április 20.

History: Sojka III <https://www.army.cz/scripts/detail.php?id=6312> (2011. 12.)

Czech army: UAV Sojka III <https://www.youtube.com/watch?v=8pQnhBnuO8w>

UAV Sojka (Jaybird)-takes-off https://www.youtube.com/watch?v=QM_JZ_ZHrQA

UAV Sojka (Jaybird)-with history <https://www.youtube.com/watch?v=xL5QVBQyL6s>

Kende György – Hegedűs Ernő: A magyar haditechnikai kutatás-fejlesztés rendszere és szervezeteinek története. (1920-2020) I. rész Katonai Logisztika. 2021. évi 3-4. sz.

Méhes Lénárd – Hannel Sándor – Hegedűs Ernő: Pilóta nélküli légi járművekhez kötődő szaktevékenységek az MH Logisztikai Ellátó Központnál Új Honvédségi Szemle, 2011. évi 2. sz.

Molnár Attila: A Honvédelmi Minisztérium hadiipari cégeinek pilóta nélküli repülőgép fejlesztései Haditechnika, 2013. évi 4. szám

Nyirán Tamás: A dél-kaukázusi drónháború. https://www.kulpolitika.hu/post/a-del-kaukazusi_dron (2021.07.27.)

Pilóta nélküli felderítő repülőeszközök Haditechnikai Füzetek 1. szám. HM Haditechnikai Intézet, Budapest, 176. p.

Pilóta nélküli repülőgépek fejlesztése a HTI-ben. Haditechnika '97 C+D különszám, Budapest, 1997.

Skylark 1/LEX <https://elbitsystems.com/products/uas/skylark-i-lex/>

Skylark 3 Mini Unmanned Aircraft System (UAS) <https://www.army-technology.com/projects/skylark-3-mini-unmanned-aircraft-system-uas/>

Skylark3 Hybrid. <https://elbitsystems.com/media/SKYLARK-3-Hybrid.pdf>.

Sojka III / TVM. Letecké muzeum v Kunovicích. <https://www.muzeum-kunovice.cz/sojka-iii-tvm/>

SOJKA III Bezpilotní průzkumný prostředek. VTÚL a PVO, Praha, 2000.

SOJKA III Bezpilotni pruzkumny komplet. Vtul a PVO oz. 2004.

SOJKA III. Pilóta nélküli repülőrendszer rövid műszaki leírás. VIDEO-TON – MECHLABOR Kft.

Sojka III. Specifications. A photo. <https://avia-pro.net/blog/sojka-iii-tehnicaske-harakteristiki-foto>

Somogyi Zoltán Márk: A második hegyi-karabahi háború katonai szemszögből 1-2. rész Honvédségi Szemle 2021. évi 5-6. szám,

Steven Weinzierl, Roger Wildemann, Barna Hanula: The Design and Development of a Light-Weight, High-Speed, Diesel Engine for Unmanned Aerial Vehicles. SAE Transactions, SAE International, Vol. 111, Section 3: JOURNAL OF ENGINES (2002), pp. 486-497. <https://www.jstor.org/stable/44743077>

Szegedi Péter: A Szojka-III pilóta nélküli repülőgép repülésszabályozó rendszerének vizsgálata I-II. rész Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények 2005. évi 5-6. sz.

Szegedi Péter: A Szojka–III pilótanélküli repülőgép repülésszabályozójának tervezése LQR-módszerrel. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2005.

Szegedi Péter: Repülésszabályozó rendszerek szabályozóinak számítógépes analízise és szintézise. PhD értekezés, ZMNE KMDI, Budapest, 2005.

Szegedi Péter: Szojka–III oldalirányú mozgásszabályzóinak előzetes tervezése pólusáthelyezés módszerével. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2005.

SZOJKA–III/TV kooperációs fejlesztés tudományos technikai adatai, IV. fejezet. Zelong Instr., Brno, 1993.

Tafel, S.; Hanula, B., Andreas Mück, Christian Schlüter: Der kleine schnelllaufende Hochleistungs-Dieselmotor. In: Michael Bargende, Ulf Essers: Dieselmotorentechnik: 2004. Expert Verlag, 128-142.

Tafel, S.; Hanula, B.: Der kleine schnelllaufende Hochleistungs-Dieselmotor. HdT-Tagung Hochleistungs- und Rennmotoren, Essen, November 2002.

UAV ENGINES LTD. England uav@uavenginesltd.co.uk

Vég Pál: A Denevér rövid története. <http://users.atw.hu/hadmer0/denever.html>

Vigh Zoltán: Pilóta nélküli repülőgépek fejlesztése a HM Technológiai Hivatalban. www.repulestudomany.hu › 2003

Vigh Zoltán: Pilóta nélküli repülőgépek fejlesztése a HM Technológiai Hivatalban. Repüléstudományi közlemények - 15. évf. Különszám, 2003. évi 2. szám.

A fotók - ahol más módon nem került megjelölésre - Dr. Ráth Tamás és Dr. Hegedűs Ernő gyűjteményéből.