



ZMNE REPÜLŐMŰSZAKI INTÉZET

REPÜLÉSTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK

XVIII. évfolyam 38. szám

2006.



A ZRÍNYI MIKLÓS
NEMZETVÉDELMI EGYETEM
TUDOMÁNYOS KIADVÁNYA

Repüléstudományi Közlemények
XVIII. évfolyam 38. szám
2006/1.

Szerkesztette:
Békési Bertold

A szerkesztőség címe:
5008, Szolnok, Kilián út 1.
Telefon: 56-510-535 (79-68 mell.)

Szerkesztőbizottság:

Dr. Péter Tamás, dr. Pokorádi László, Varga Béla, dr. Szántai Tamás, Bottyán Zsolt,
dr. Pintér István, dr. Óvári Gyula, Békési Bertold, dr. Rohács József, Kovács József,
dr. Gedeon József, dr. Szabó László, dr. Szabolcsi Róbert, Vörös Miklós

Lektorai Bizottság:

Dr. Péter Tamás, dr. Pokorádi László, dr. Szántai Tamás, dr. Óvári Gyula,
dr. Rohács József, dr. Németh Miklós, dr. Gedeon József, dr. Szabolcsi Róbert,
dr. Horváth János, dr. Gausz Tamás, dr. Sánta Imre, dr. Pásztor Endre,
dr. Kurutz Károly, dr. Nagy Tibor, dr. Ludányi Lajos, dr. Kuba Attila,
dr. Jakab László

Felelős kiadó: Dr. Szabó Miklós, a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem rektora
Felelős szerkesztő: dr. Lükő Dénes
Tervezőszerkesztő: Békési Bertold
Készült a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem nyomdájában, 200 példányban
Felelős vezető: Kardos István

ISSN 1417-0604

TARTALOMJEGYZÉK

HADTUDOMÁNYI ROVAT

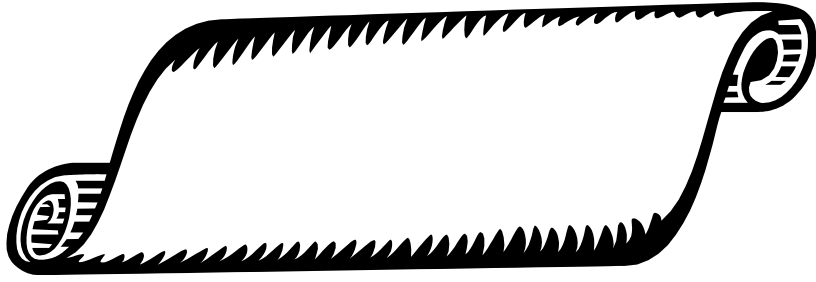
Dr. Hadnagy Imre József A repülőgép sugárhajtómű, mint tűzoltószer	7
Dr. Berkovics Gábor–dr. Krajnc Zoltán–Palik Mátyás A jugoszláv repülőerők első évtizedei (1912–1940)	15
Dr. Hadnagy Imre József Repülőgépek és helikopterek a tűzoltás szolgálatában	27
Orosz Zoltán Természeti katasztrófák következményeinek felszámolása (árvízvédelem a Tisza mentén)	45
Dr. Krajnc Zoltán–dr. Berkovics Gábor–Sápi Lajos A NATO stratégiai koncepciója, mint a magyar légielőző jövöbeni képességeinek, doktrínájának alapidokumentuma	49

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI ROVAT

Pogácsás Imre Új technológia alkalmazása az üzembentartásban	63
Dr. Szabó László–Szilvássy László A MI–24VM harci helikopter	73
Fülek András A hibadiagnosztikai berendezések fejlődése	79
Dr. habil. Szabolcsi Róbert A repülőgép–vezető kritikus paramétereinek komplex vizsgálata az oldalirányú irányítási csatornában	97

MŰSZAKI TUDOMÁNY ROVAT

Dr. Békési László	
A multimédia, mint lehetőség a repülésmechanika tantárgy oktatása során	121
Dr. Szegedi Péter–dr. Szabó László	
A repülőrakéták kialakulása	127
Teréki Csaba	
Fázisvezérelt antennarácsok	139
Békési Bertold	
Az üzemeltetés szintjei, szervezeti elemei és a tevékenységet befolyásoló tényezők	151
Dr. Urbán István	
A Magyar Honvédség légi járműveinek navigációs berendezései	173
Teréki Csaba	
A leszállító rendszerek kiegészítő eszközei	201
Szilvássy László–dr. Szabó László	
Rakéták reaktív hajtóművei	209
Rezümé	217
Szerzők	223



HADTUDOMÁNYI ROVAT

Rovatvezető: Dr. Pintér István

Rovatszerkesztők: Dr. Óvári Gyula
Békési Bertold

Dr. Hadnagy Imre József

A REPÜLŐGÉP SUGÁRHAJTÓMŰ, MINT TŰZOLTÓSZER

BEVEZETÉS

Olvastam, vagy talán valakitől hallottam, hogy mindent mi magyarok találunk ki. Ha ez így nem is igaz, de számtalan példája van a magyar leleményességnek, a magyar szürkeállomány „termelőerejének”. Ebben a „történetben” csak az a legbosszszantóbb – talán a legszomorúbb, hogy az esetek többségében mások járnak jól, a „termelőerő” hozadéka másokat gazdagít, vagy a magyar átok valamilyen formában mindig sújt bennünket. A repülőeszközök lelkének, a hajtóműnek (repülőgép-motornak) a tűzoltói szolgálatba állítása is jól példázza ezt.

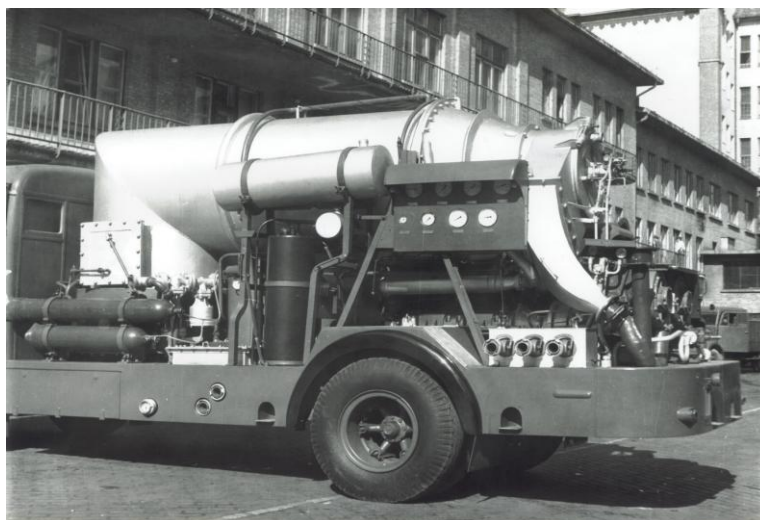
A hajtómű nem repülési gyakorlatban való felhasználási lehetőségének szikrája — nagy valószínűséggel elsőként — egy magyar ember fejéből pattant ki. A szárazoltás elmélete és gyakorlata nagy magyarjának Szilvay Kornélnak az a gondolata, hogy a légcsavaros repülőgép motorját — egy gázturbinával kiegészítve — használják fel az inert gázzal való tűzoltáshoz, korszakos jelentőségű találmány volt. Ez esetben a legnagyobb eredmény az, hogy a gondolatot tett is követte, a találmány testet öltött. Megszületett a tűzoltószer (lásd 1. ábra).

A magyar átok ekkor is sújtott bennünket a „gép forgott” de az alkotó itt hagyott bennünket, az ügynek folytatója nem volt, az feledésbe merült. A gondolatot más minőségben, és más területen magyar szakemberek közreműködésével mégis sikerült „győzelemre vinni”. A fejlettebb repülőgépes technika egyik elemének — a sugárhajtóműnek — a tűzoltásban való felhasználása elméletében és gyakorlatában honfitársaink maradandót alkottak. (Sajnos ebben a történetben is megfertőzött bennünket a magyar átoknak nevezett betegség.)

Manapság a repülőeszközök, a sugárhajtóművek a tűzoltók munkájában a „mindennapos eszközök” szerepét töltik be.

Ma a tűzoltóság feladatrendszerének csak egyik eleme a tűzoltás. A tevékenységi rendszer jelentősen kibővült, a tűzoltás mellett annak részét képezik az élet-, és műszaki mentéssel, az elemi csapások következményeinek felszámolásában való közreműködéssel, speciális feladatok megoldásával¹ stb. kapcsolatos tennivalók. A feladatok végrehajtásához korszerű technikai eszközöket, egyesekhez repülőeszközöket, annak egyik fő elemét a sugárhajtóművet is alkalmazzák.

¹ Ennek egyik emlékezetes példája a csernobili atomerőmű robbanásakor bevetett „forgószárnyas tűzoltók” emberfeletti küzdelme.



1. ábra. Szilvay Kornél féle repülőgép-motoros szárasztó-gép.
Forrás: A Tűzoltó Múzeum archívuma

A kőolaj és gázmezők kiaknázása közben keletkező gáz-, és olajkút-tüzek megfékezése sokszor próbára tette a szakembereket. A fáklyatüzek oltására különböző eljárásokat dolgoztak ki, amelyeknek egyike a repülőgép sugárhajtóműre épül. Ennek a tűzoltási technikának a kifejlesztése az emberi gondolkodásnak, a kísérletezésnek és a teremtőmunkának a jó példája. Napjainkra a legkorszerűbb repülőeszközök „lelke” a sugárhajtómű — önálló szerepben — tűzoltószer lett. Arra is találunk adatokat, hogy a sugárhajtóműveket más veszélyes tüzek megfékezésére is alkalmassá kívánták tenni.

Ez a tanulmány bepillantást tesz a sugárhajtóművek tűzoltásban való felhasználásának történelmi előzményeibe, illetve a sugárhajtóműves tűzoltási kísérleteket, valamint a turbóreaktív oltógéppel való tűzoltás elméletének, és gyakorlatának néhány kérdését érinti.

REPÜLŐGÉP SUGÁRHAJTÓMŰVEK A TŰZOLTÁS SZOLGÁLATÁBAN

Sugárhajtómű fáklyatűz ellen

A világ nagy olaj és gáz kitermelő államai gyakorta küzdöttek gáz-, és olajkút kitoréseknél fáklyatüzekkel. A kísérleti telepeiken tűzoltószerkeletek keltek életre, amelyek többé-kevésbé eredményesen töltötték be szerepüket. Ebbe a sorba

tartozik a turbóreaktív oltógép is. A repülőgép sugárhajtóművének tűzoltási célra való alkalmazására több mint 40 évvel ezelőtt már volt példa. Időben talán a legkorábbi hír, mely szerint: „*A novoszibirszi tűzoltók érdekes ötlet megvalósításán fáradoznak, egy repülőgép reaktív motorjából tűzoltószert készítenek. Az elgondolás látszólag könnyen megvalósítható, hiszen — az ilyen motorok — valóságban patakokban zúdíjták ki magukból az elhasznált gázokat.*

Amikor azonban a motort egy gépkocsira helyezték, és kísérletileg bevetették kiderült, hogy egyáltalán nem egyszerű a probléma. A motorból kiáramló gázok egy része ugyanis éghető gáz, és érthetően lerontja az oltás hatásosságát.

Ezen ügy kívánnak segíteni, hogy a motorral bizonyos mennyiségű vizet is elporlasztanak. ... A kísérleti eredmények biztatóak, és minden remény megvan arra, hogy nemsokára szolgálatba állítják a világ első reaktív szárasztó (az azért vitatható, hogy ez szárasztó berendezés lenne – megjegyzés tőlem HJJ) szerét.”² A novoszibirszi szakemberek a híradás szerint a fáklyatűzek oltására alkalmas berendezés megalkotásán fáradoztak. [1, 3]

Később a magyar fejlesztők is bekapcsolódtak ebbe a munkába és az oroszok által készített turbóreaktív oltógép tökéletesebb változatát készítették el (2. ábra, munka közben a 4. ábrán látható), sőt a kivitelezők keze alól olyan berendezés is kikerült, amely világhírű lett. Ez utóbbi esetben a Kuvaitban dicsőséget szerzett turbóreaktív oltógépről van szó, amellyel „Big Wind”, „Kút(tűz)-ölő”, illetve „Páncélos tűzoltó”, vagy „Tűzoltó páncélos” (3. ábra) néven is találkozhatunk a szakirodalomban.

Sugárhajtómű a zárt térben keletkezett, és a vegyi tüzek ellen

Az angol tűzvédelmi szakemberek is kísérleteztek repülőgép sugárhajtóművek átalakításával, és tűzoltásra való alkalmazásával. A kísérletek egy részében a zárt térben (helyiségekben, szerelőcsarnokokban, stb.) keletkezett tüzek oltására alkalmas berendezések megalkotása volt a cél.³ „*A Bristol Siddeley Journal c. folyóirat beszámol a „Whiter” turbóreaktív motor segítségével végzett tűzoltási kísérletekről. A motor hétlépcsős kompresszora egylépcsős turbinát hoz működésbe, amely az elpárologtató rendszerű gyűrűs égési kamrával van összekötve. ... A kísérleteket egy használaton kívüli sörgyárban végezték.*”⁴ [2]

² Magyar Tűzoltó /Hírek/ (XIII. évfolyam 12. szám /1961 december/ 9. oldal.)

³ Mint arról már korábban szó volt a magyar Szilvay Kornél ilyen kísérleteket ezt megelőzően már végzett, sőt egy kísérleti berendezése is elkészült, csak a „hajtómű” egy gázturbinával kiegészített dugattyús repülőgép motor volt.

⁴ Turbóreaktív motor vizsgálata. (Magyar Tűzoltó XVI. évfolyam 5. szám. /1964. június/ 20. oldal.)



2. ábra. MIG-15 — szubszonikus sugárhajtású repülőgép — hajtóművével épült turbóreaktív oltógép

Forrás: A Tüzoltó Múzeum archívuma.



3. ábra. MIG-21 — szuperszonikus sugárhajtású repülőgép — hajtóművével épült turbóreaktív oltógép, azaz a „**Big Wind**”, a „**Tüzoltó páncélos**”, „**Páncélos tüzoltó**”, vagy **Kút(tűz)ölő**”.

Forrás: A Tüzoltó Múzeum archívuma.

A sugárhajtóművekkel folyó kísérletek másik részében a cél a vegyi tüzek megfékezése volt. „*A hírek szerint angol tüzoltó szakemberek érdekes, újszerű tüzoltó készülékek kidolgozásával foglalkoznak*”. Amely repülőgép, rakéta motorok felhasználásával folyik „és kiválóan alkalmas veszedelmes vegyi tüzek oltására.”⁵ [4]

⁵ Tüzoltás rakétamotorokkal. (Magyar Tüzoltó XVI. évfolyam 9. szám. /1964. szeptember/ 23. oldal.)



4. ábra. Turbóreaktív oltógép munka közben

Összegezve. A sugárhajtómű (a repülőgépek „lelke”) „tűzoltósítható”. A világ különböző részein folyó — egyébként eredménnyel kecsegtető — kísérletek célja az volt, hogy a szakemberek a segítségükkel hatékony lépjenek fel:

- a fáklyatűzek;
- a zárt térben keletkezett tüzek;
- a vegyi tüzek ellen.

REPÜLŐGÉP SUGÁRHAJTÓMŰVES TŰZOLTÁSI TECHNIKA

Zárt térben, és vegyi tűz esetén

Ez a tűzoltási technika azon alapul, hogy egy helyiségben (garázsban, raktárban, műteremben, üzemcsarnokban, stb.) éledő, vagy már létező tűz esetén a beltérben levő oxigén részarányát folyamatosan csökkentik. A helyiségbe beömlőnyílás(ok)on keresztül folyamatosan semleges (inert) gázt áramoltatnak be, melynek eredményeként a helyiséget korábban kitöltő levegő oxigénjének — mintegy 20%-os — szintje egyre apad. A helyiséget fokozatosan az égés szempontjából semleges gázok töltik ki, ez egyenértékű az oxigén elvonással, aminek következményeként az égést fokozatosan megszünteti. Az oltóhatást víz beporlasztásával szokták növelni.

„A tehergépjármű alvázára szerelt motor percenként 1274 m³ semleges gázt fejleszt, fogyasztása percenként 24 l kerozin és 264 l víz. A kísérleteket egy használaton kívüli sörgyárban végezték. Az épület bonyolult folyosók és helyiségek sokaságából állt. Amint meggyújtották a tüzet, az épület ellentétes oldalán az ajtónyíláshoz hajlékony tömlőt szereltek a motor kipufogójáról, majd az ajtónyílást bezárták. A motor indítása után öt perccel a levegő-gáz sugár elérte a tűz-

*fészket, s újabb öt perc múlva a tűz kialudt. Kísérletek végeztek egy hajó raketerében is. A tüzet ebben az esetben is öt perc alatt likvidálták.*⁶ [2]

Angol szakemberek vegyi tüzek sugárhajtóművel történő oltásával kapcsolatos kísérleteket is folytattak. *„A repülőgépek hajtómotorjai — rakétamotorok — percenként több tízezer köbméter gázt lövellnek ki. A távozó kipufogógázban alig 4-5% oxigén van, tehát az ilyen gázzal elárasztott helyiségben égés egyáltalán nem lehetséges. Gépkocsira szerelt rakétamotor által kibocsátott — lehűtött és utánégetett — gáz kiválóan alkalmas veszedelmes vegyi tüzek oltására*”⁷. A közleményből kiderül, hogy ezzel az eljárással eredményesen lehet a vegyi tüzek ellen fellépni [4].

Fáklyatűz oltása turbóreaktív oltógéppel

A sugárhajtómű „tűzoltósítása” azon a területen forradalmasította az oltási technikát, ahol addig csak — hosszú ideig tartó küzdelemben — emberfeletti teljesítményekkel lehetett a célt elérni, azaz a gáz-, és olajkút-tüzeket megfékezni, a fáklyatűzzel szemben eredményesen fellépni. A turbóreaktív oltógép egy sugárhajtású repülőgép hajtóműre épülő tűzoltószer, ahol a hajtóművet rendszerint egy terepjáró gépjármű (harckocsi) alvázára szerelik, a hajtóműből kiáramló gázsugarat használják tűzoltásra. Vizsgáljuk meg a működését.

A turbóreaktív oltógép működési elve. A gázturbina nagy levegőigénnyel működik. A hajtómű indítása után a centrifugális légsűrítő (kompresszor) a levegő nyomását mintegy többszörösre növeli. A levegő — a kompresszor-forgórész kialakítása révén — sugárirányban hagyja el a légsűrítőt, és a bevezető nyíláson keresztül a több csöves égéstérbe kerül. Itt a levegő a beporlasztott tüzelőanyaggal (kerozin) keveredik. A keveréket meggyújtva állandó nyomású folyamatos égés alakul ki. A felhevült és nagymértékben kiterjedt gázok a turbinát forgatják. A turbina a vele közös tengelyen levő kompresszort, a hajtómű táprendszerét és a segédberendezéseket is működteti. Az égéstermék gázok, inert gázok, a gázturbina fűvócsövébe kerülnek. Ez a szerkezet a hőenergiát mozgási energiává alakítja át, vagyis a gázokat a hőmérséklet csökkenéssel párhuzamosan felgyorsítja. Innen a gázsugár kb. 2000 km/h sebességgel lép ki a szabadba, a hőmérséklete ekkor 500-600 °C [6, 9, 10].

A sugárhajtóműből nagy sebességgel kiáramló égéstermék gázáramába közvetlenül a kilépésnél három sugárcsővön keresztül kötött sugár formájában percenként mintegy 6000 l vizet fecskendeznek (a 2. ábrán látható oltógépnél). A gázáram nagy sebessége a vízsugarat elporlasztja, a víz pedig hűti a gázt, miközben egy része gőzzé alakul. A továbbáramló égéstermék és a diszpergált víz egy különleges keveréket alkot (inert gáz és gőz keveréke), amely a tűzoltásban szükséges katalitikus hűtő és

⁶ Turbóreaktív motor vizsgálata. (Magyar Tűzoltó XVI. évfolyam 5. szám. /1964. június/ 20. oldal.)

⁷ Tűzoltás rakétamotorokkal. (Magyar Tűzoltó XVI. évfolyam 9. szám. /1964. szeptember/ 23. oldal.)

oltóhatást fejt ki. A létrehozott nagy átütőerejű oltósugár 35-40 m hosszú, 10-15 m átmérőjű. A legjobb oltóhatást a géptől 15-20 m-re fejt ki. [6, 11]

Számítások alapján 15-18 m-ig lineáris áramlás van a gázsugárban. Mivel az inert gázsugár a szabad levegővel keveredik, a turbulens áramlás a fűvócső után közvetlen fokozódik, és az áramlási sebesség egyre csökken. Ezért szükséges a kitérés pontjának a lehető legkisebb távolságra való megközelítése. Ilyen helyzetben a kút környezetének a hőmérséklete 1200-1300 °C. Ezt a magas hőt csak intenzív vízhűtéssel lehet csökkenteni a védőruhában még elviselhető szintre [6, 8].

A gép oltómechanizmusa a nagy sebességenergiából adódó átütőerőn alapszik. A benne levő vízköd igen jó hatásfokkal alakul gőzzé és fejt ki hűtőhatását. A keletkezett gőzfelhő (lásd a 3. ábrát) és a hordozógázként használt inert kipufogógázok fojtóhatása jelentős, az égési térből kiszorítja az oxigént. Nem visz be levegőt a tűztérbe, mert a porlasztást és a szállítást egyaránt inert gázok végzik. Valószínű, hogy a tűzoltásban szerepet játszik a köd és gőzszemcsék negatív falhatása is, homogén és heterogén antikatalízisként. Az oltás után az oltósugár takaró hatása érvényesül, mert szinte korlátlan ideig, és ráadásul olcsón tartható fenn a nagy geometriai kiterjedésű oltósugár, ami a visszagyulladás megakadályozza⁸ [6, 8, 11].

A turbóreaktív oltógép által létrehozott különleges keverékből álló oltósugár az alábbi hatásokkal képes a fáklyatűzet megszüntetni:

- **Fűvó hatás.** A sugárhajtómű fűvócsővéből kiáramló égéstermék sebessége ~ 600 m/s. A hajtómű keltette gázsugár sebessége az oltógéptől 15-20 m távolságra is összemérhető a feltörő olaj-, vagy gázsugár sebességével. A két sugár találkozási pontjában a sebesség vektorok vektoriálisan összegződnek. Az eredő vektor irányán a lángfront eltolódik (ez úgy látható, hogy az oltógép a lángot a kútról leemeli, és a kútról távolodó irányon eltolja). A sebesség összetevők eredőjeként a lángfront visszaterjedési sebessége a feltörő sugár sebességénél kisebb lesz, ez pedig a láng kioltását eredményezi, ugyanis a láng az eredő sugárirányban előre haladva elalszik.
- **Fojtó hatás.** A sugárhajtóműből kiáramló gáz oxigénben szegény, tehát az égés intenzitását csökkenti.
- **Hűtő hatás.** A nagy sebességű forró gázsugárba 3 db sugárcsőből nagy mennyiségű vizet juttatnak. A gázsugár a nagy sebesség miatt a vizet elporlasztja, magas hőmérséklete miatt közben melegíti is. Közben a magas hőmérsékletű porlasztott víz egy része gőzzé alakul, (1 gr víz elpárolgásához 540 kcal hő kell), azaz hőt von el, ezzel csökkenti a fáklya újra gyulladásának lehetőségét. A gáz-, vagy olajkút áttüzesedett fém alkatrészei az ismételt lángra gyulladást idéznék elő, ha a sugáráramban porlasztott víz ezek hűtéséről nem „gondoskodna”.

⁸ Tűzek és tűzoltó anyagok. (Tűzvédelem. XXII. Évfolyam 1970 január, 15. oldal.)

- **Expanzív hatás.** A hajtómű magas hőmérsékletű gázsugarától, a gáz- vagy olajkút tüzetől izzásig felhevült alkatrészeitől gőzzé váló víz terjeszkedik. A halmazállapot változás miatt, azaz a légneművé váló víz térfogata 1654 szeresre nő. Ez a folyamat a tűz táplálásához szükséges oxigén (levegő) áramlását akadályozza. [6]

Ezek a hatások egyidejűleg, egymást kiegészítve, együttesen hatnak. Hatásosságukat azonban befolyásolja az turbóreaktív oltógép és a fáklyatűz egymáshoz viszonyított távolsága.

Magyarországon eddig két darab egy-egy MIG–15 sugárhajtóművel rendelkező turbóreaktív oltógépet építettek, ezek az Szeged-Algyő-i tűzoltó parancsnokság technikai eszközeinek állományában vannak, és szükség esetén teljesítenek, teljesítenek szolgálatot. A „Big Wind”, a „Küttűz-ölő”, „Tűzoltó páncélos”, vagy „Páncélos tűzoltó” néven ismert turbóreaktív oltógép két darab MIG–21 sugárhajtóművel van felszerelve, ez a turbóreaktív oltógép a Pestvidéki Repülőgép Javító Üzemben (Tököl) található.

A XX. században kibontakozott tudományos technikai forradalom a tűzvédelem területén a rohamléptekkel való előrehaladást indukált. Újabb és újabb kihívásokkal kellett szembenézni a tűzvédelmi szakembereknek, ennek nyomán egyre korszerűbb tűzoltószerkezetek, tűzoltási technikák jelentek meg. Ebből a sorból nem hiányoznak a repülőeszközök sugárhajtóművei, amelyek ugyancsak tűzoltószerkezetek lettek. A sugárhajtóművek felhasználása egy különleges tűzoltási technikai kifejlődését eredményezte, amelyhez némi adalékot ez a tanulmány is szolgáltat.

A tanulmányhoz mellékelt fényképek a Tűzoltó Múzeum archívumából valók.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Hírek. Magyar Tűzoltó. XIII. évfolyam 12. szám. 1961 december.
- [2] Turbóreaktív motor vizsgálata. Magyar Tűzoltó. XVI. évfolyam 5. szám. 1964. június.
- [3] HADNAGY Imre József: Fejezetek a szárazoltás, a vízkármentes, valamint a turbóreaktív eszközzel történő tűzoltás történetéből. (Kézirat)
- [4] Tűzoltás rakétamotorokkal. Magyar Tűzoltó. XVI. évfolyam 9. szám. 1964. szeptember.
- [5] WINKLER László: Magyar repülők, repülő magyarok. Pallas stúdió. Kossuth nyomda, Budapest 2001.
- [6] BICZÓ István: Különleges tűzoltó gépjárművek, utánfutók, szerek és felszerelések. BM. Tanulmányi és propaganda csoportfőnökség. Budapest, 1977.
- [7] Természettudományi lexikon.
- [8] BALOGH Imre: Turbóreaktív oltógép. Tűzvédelem. XXXIV. évfolyam. 1992. január.
- [9] BUDA Ernő: Az OKGT Kitoréshárítási Mentőszervezete tagjainak elméleti és gyakorlati oktatása, képzése. Tűzvédelmi tájékoztató. 13. szám. NIM Iparszervezési főosztály kiadványa.
- [10] SZENTESI György: A légcavaros repülőgéptől a szuperszonikusig. Haditechnika. 1975. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest 1975.
- [11] Tűzek és tűzoltó anyagok. Tűzvédelem. XXII. évfolyam, 1970. január.
- [12] Hadtudományi lexikon. M-ZS. Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest 1995.

A JUGOSZLÁV REPÜLŐERŐK ELSŐ ÉVTIZEDEI (1912–1940)

BEVEZETÉS

A húszadik század első két évtizedében az ekkor még meglehetősen új eszköznek számító különböző légi hadviselési eszközök elterjedése, fejlődése robbanásszerűen gyors volt. 1900-ban megépült az első kormányozható ZEPPELIN típusú léghajó. A Wright testvérek (Wilbur és Orville) 1903. szeptember 14-ei sikeres kísérletükkel a katonai vezetések figyelmét a repülőgépekre irányították, melyeknek hadi alkalmazhatósága igen hamar nyilvánvalóvá vált. Elsősorban a német és a francia katonai körök fordítottak nagy gondot rájuk, de hamarosan az összes állam — az úgynevezett „kisállamok” is —, valamint hadseregeik, elkezdtek harci repülőgépeket építeni, vagy beszerezni.

A katonai elterjedés, alkalmazás gyorsaságát mutatja, hogy az 1911-es francia, német és osztrák-magyar „nagy gyakorlat”-okon már használták a repülőgépeket felderítő és futárszolgálatra egyaránt. Nem váratott magára sokáig a harci alkalmazás sem, az olaszok 1912-ben, a Tripoli háborúban a repülőeszközöket a felderítésen kívül, már tűzhelyesbítésre és bombavetésre is használták.

A „mivel lehet ezeket az eszközöket elhárítani?” kérdésre már ekkor is két választ adtak. Az egyik szerint önmagával, azaz repülővel. A másik lehetőség a repülő eszközök megsemmisítésére — természetesen az elsőt nem kizárva, hanem vele együtt — a tüzérség (hamarosan légvédelmi tüzérség) fejlesztése volt. Ezzel is foglalkozott minden európai hatalom, bár a repülőgépekhez képest jóval kisebb hangsúllyal.

Az I. világháború folyamán egyre általánosabbá vált a „hadviselés kiterjesztése a harmadik dimenzióba”. A repülőeszközök a háború során nem csak felderítést, futárszolgálatot, tűzvezetési és tűzhelyesbítési feladatokat láttak el, hanem egyre növekvő mértékben a csapatok és objektumok bombázását is, szerepkörük, jelentőségük folyamatosan bővült, szélesedett. Ez a folyamat a háború után sem állt meg, hanem napjainkig jellemző tendencia maradt.

A cikkünkben bemutatott repülőerők a vizsgált időszakban egy többször — területében és nevében egyaránt — átalakult államalakulat fegyveres erejének részét képezték. 1918. december 1-ig a Szerb Királysághoz, ettől a dátumtól kezdve a Szerb-Horvát-Szlovén Királysághoz (SHS), majd 1929. október 3-tól a Jugoszláv Királysághoz tartoztak.

A KATONAI REPÜLÉS KEZDETEI SZERBIÁBAN

A harmadik dimenziós képesség iránti igény miatt a repülőerők hadrendbe állítását Szerbia viszonylag korán, már 1912-ben megkezdte, amikor 1 repülőszázadot szervezett, mely azonban 1914-ben, a világháború kezdetén nagyon hamar felmorzsolódott. Újabb század felállítására csak 1916-ban került sor. Az Osztrák-Magyar Monarchia (OMM) és a frontok felbomlása során a szerb hadsereg jelentősebb repülőeszköz mennyiséghez jutott, melyek nagy többségét az OMM állományából szerezték a délvidéki repülőtereken, elsősorban Újvidéken,¹ a visszamaradt repülőgépek készletekből, s így képesek voltak 4 repülőgépes századot felállítani. Az 1918. december 1-én megalakult a Szerb-Horvát-Szlovén Királyság (SHS), ekkor már relatíve jelentős, azonban nagyon hamar elavuló repülőerőkkel rendelkezett. 1919-ben az SHS légierője tehát a Monarchiától zsákmányolt és a franciák által átadott, összesen mintegy 200 repülőgépből állt. Ezek az eszközök azonban igen hamar amortizálódtak, s kiszolgálási, javítási, valamint elavulási problémák miatt harci felhasználásra alkalmatlanná váltak. 1922-re a harcképes repülőgépek száma, mintegy 60-70 darabra esett vissza. Az SHS ekkor még csak három, nagyon kis teljesítményű és megkérdőjelezhetően modern repülőgéppalárral rendelkezett, valamint további kilenc gyárban gyártottak repülőalkatrészeket és segédanyagokat. Mindezek miatt — a későbbi repülőgépipari fejlesztések ellenére is — a jugoszláv légierő gyakorlatilag a vizsgált időszakban mindvégig jelentős importra szorult.

Az első világháborút követően a békeszerződések által nem sújtott államok, — így az SHS is — új katonai feladatokkal kerültek szembe. A légvédelmek, légierők békeidőben történő kiépítése, működtetése, folyamatos modernizálása aktuális problémává vált. Fontos területeket kellett elméletileg megalapozni, s ezt a gyakorlatban is kivitelezni.

A DÉLSZLÁV LÉGIERŐ SZERVEZETEI A HÚSZAS ÉVEKBEN

1922-re a repülőerőket 5 századra növelték, majd 1924-től megkezdték a légierő tervszerű kiépítését, s 2 repülő ezredet állítottak fel.² A tervek szerint annyi repülőegységet akartak létrehozni, ahány szárazföldi hadsereggel rendelkeztek,

¹ Cikkünkben a helységneveket a korabeli, konkrét katonai forrásokban feltüntetettek szerint használjuk.

² Hadtörténeti Levéltár (HL), VKF I.o. 5149/T 1928.

azaz ötöt. 1927-ben megalakult a 3. repülőezred, s a már meglévő két repülőegységet is feltöltötték, elsősorban külföldi szállításokból. A húszas évek végére az SHS légierő *hadrend szerint* már hét repülőezreddel rendelkezett, de nem mind volt ténylegesen megalakítva, illetve feltöltve.³ Ezekben összesen 29 repülőszázad volt, mintegy 650 harci (felderítő, vadász, bombázó, iskola) repülőgéppel.⁴

A tényleges repülőeszközök számának megállapítása a rendelkezésre álló források alapján meglehetősen nehéz. A viszonylag megbízhatónak tekinthető *Annuaire Militaire* kiadványok gyakran közölnek kettő-három évvel korábbi adatokat, a Magyar Katonai Közlemények (MKK) és Magyar Katonai Szemle (MKSZ) pedig gyakran összevonják a harci („elsővonalbeli”) repülőgépeket a kiképző, a tartalék és időnként a polgári életből bevonható eszközökkel. Természetesen ez utóbbiak is alkalmazhatóak voltak harc feladatok végrehajtására, de nem azonnali bevethetőséggel, és egy részük csak kisebb hatékonysággal. A másik bonyolító tényező, hogy a felderítő repülőgépeket — a húszas évek jelentős részében — gyakran könnyű bombázórepülőként is nyilvántartották. Ezek az eszközök ugyan általában képesek voltak bomba szállítására, de csak igen kis terheléssel. Így hatékonyságuk a bombázásban megkérdőjelezhető volt.

A légierő állományába több mint 600 fő tiszt, 700 fő altiszt és 6000 fő légénységi állományú katona tartozott.⁵ A hadsereg körülbelül 1200 kiképzett pilótával rendelkezett. Az ezredek települése a következő volt:

- ezred Újvidék (5 felderítő- és 2 bombázószázad);
- ezred Sarajevo (4 felderítő- és 1 bombázószázad);
- ezred Skopje (3 felderítő- és 1 vadászrepülő-század);
- ezred Zágráb (3 felderítő- és 1 vadászrepülő-század);
- ezred Nis (nem volt feltöltve);
- ezred Ljubljana (2 felderítő- és 1 vadászrepülő-század);
- ezred Mostar (2 bombázószázad).⁶

Ehhez az erőhöz tartozott még a két repülőiskola a kiképző repülőszázadaikkal, és 13 repülőtér (Újvidék, Zágráb, Sarajevo, Mostar, Zimony, Skopje, Kraljevo, Bitolj, Eszék, Varazdin, Marburg, Podgorica és Pancsova).⁷ A légierő része volt továbbá a repülő vízi csoport is, melyhez három század (Cattaro, Susak, Sebenico), mintegy 60 repülőeszköz tartozott.

³ HL, VKF 2.o. 19541/T 1929.

⁴ A légierő valószínűsíthető repülőszázad és repülőgép mennyiségét a 2. számú táblázatban foglaltuk össze.

⁵ Magyar Katonai Szemle (MKSZ) 1931/9. 210. oldal

⁶ HL, VKF. 2.o. 19541/T 1929. Ez az összegzés elég bizonytalan, mert a *Rivista Aeronautica* 1930/2-es száma, elsősorban az 1. és 4. ezred vonatkozásában más összetételt ad meg.

⁷ HL, VKF 2.o. 23693/T 1928. és HL, VKF 2.o. 118161/Eln. 1931.

REPÜLŐGÉP IMPORT ÉS REPÜLŐGÉP-IPARI FEJLESZTÉSEK A HÚSZAS ÉVEKBEN

A húszas évek elején elsősorban a franciák (1927-ig mintegy 400-450 darabot), valamint az angolok és csehszlovákok szállítottak harci gépeket Jugoszláviának. Utóbbi már 1923-tól adott el széles spektrumban hadianyagot déli szomszédunknak.⁸ Az évtized végéig a franciák mindösszesen 546 darab, a csehszlovákok 60 darab, a hollandok 50 darab, a svájciak 3 darab repülőgépet exportáltak Jugoszláviába.⁹ Elsősorban DEVOITINE, BREGUET, SPAD vadászokat, BREGUET 19A felderítőket és BREGUET 19B bombázókat szerzett be a hadsereg.

1925-től a hazai repülőgépipar is egyre erőteljesebb támogatásban részesült. Az 1923-ban alapított ICARUS gyár, 1925-től képes volt kielégíteni a hadsereg iskolagép igényét, majd 1928-tól saját konstruálású bombázógép gyártásába kezdett (FIZIER).¹⁰ 1929-ben pedig megjelent a kraljevoi „Állami repülőgépgyár” — melyet 1926-ban alapítottak — terméke, a francia liszensz alapján készített BREGUET.¹¹ A gyárat 1926 és 1928 között építették fel, csehszlovák segítséggel. Az iskolagépeket gyártó „Vlajkovics” (1926-tól) és „Rogozsarszki” (1923-tól) üzemek termelése, jelentéktelen volt.¹² 1928. augusztus 11-én megnyílt Rakovicán egy jelentősebb repülőgépmotor-gyár, melynek évi kapacitása 150 darab volt.¹³ A jugoszlávok repülőerejük modernizálására, kiegészítésére a húszas évek végén, további 103 darab gépet rendeltek a franciáktól és a csehszlovákoktól.¹⁴

A HARMINCAS ÉVEK JUGOSZLÁVIÁT ÉRINTŐ BIZTONSÁGPOLITIKAI KÉRDÉSEI

A harmincas években az európai biztonsági helyzet fokozatosan romlott. A térség kísérlete a kollektív európai biztonság megteremtésére kudarcot vallott. Az 1932-ben megindult genfi leszerelési konferencia 1934-re teljes csődnek bizonyult. A „francia csoport” ellenállásán megghiúsult a világháborúban vesztes államok fegyverzeti téren történő egyenjogúsítása. A kisentente államok között

⁸ MKSZ 1933/8. Hírek 264–265. oldal

⁹ HL, VKF 2.o. 118985/Eln. 1931.

¹⁰ A legjellemzőbb típusokat az 1. számú táblázatban foglaltuk össze.

¹¹ HL, VKF 2.o. 118985/Eln. 1931.

¹² HL, VKF 1.o. 5149/T 1928.

¹³ HL, VKF 2.o. 23693/T 1928.

¹⁴ Uo.

sem volt zavartalan a viszony, s ez a harmincas években még bonyolultabbá vált. Egyéni törekvések, s objektív tényezők miatt alakultak ki konfliktusok közöttük. Abban egyetértettek, hogy az „államszövetség alapvető célja a világháborút követő békeszerződések által megállapított területi rend megvédése”,¹⁵ azonban az országok helyzetéből adódó törekvések már jó néhány ellentétet felvetettek.

Jugoszlávia egyesíteni akarta a délszlávokat egy nagy szláv birodalom keretében. Ez ellentétet szült Olaszországgal Trieszt és Fiume kérdésében, az Égei tengerre való kijutási törekvés (Szaloniki) pedig görög érdekeket sértett. Ezekben a problémákban nem számíthatott a szövetségeseire, a magyar és bolgár területek megtartásában viszont igen. A románokkal vitatott bánáti határvonal nem okozott éles konfliktust, a „Balkán Paktum”¹⁶ pedig nem csak Romániának, de Jugoszláviának is jelentős tehermentesítést jelentett a térségben.

SZERVEZETI ÉS HADIIPARI FEJLŐDÉS A HARMINCAS ÉVEKBEN

Jugoszlávia a harmincas években is alapvetően agrárjellegű ország volt, de a hadiipart, ezen belül is elsősorban a repülőgép és repülőgépmotor gyártást már az előző évtizedben megteremtették. A jugoszláv repülésügy elsősorban a katonai repülés köré összpontosult.

1930-ra a Kraljevoi „Állami Repülőgépgyár”¹⁷ teljes kapacitással gyártotta francia licencek alapján a harci gépeket. Évente mintegy 70 darab Breguet XIX-7-t és 80 darab Breguet XIX-et volt képes előállítani. Viszonylag jelentősebb kapacitással rendelkezett az Újvidék - Zimonyi Icarus gyár¹⁸, a maga évi 25 darab Potez XXv-ével és a Zimonyi Zmáj gyár a Henriot-jaival.¹⁹ Ezekon kívül még kilenc üzemben foglalkoztak repülőgép, hajtómű vagy alkatrész előállításával, de teljesítményük említésre se igazán méltó (kapacitásuk egy-öt eszköz/év gyáranként). A jugoszláv repülőgép anyag a harmincas években is elsősorban francia, vagy francia licence alapján készült eszközökből állt. A saját hadiipar mintegy 175-200 harci gép gyártására volt képes évente.²⁰ Ez a helyzet, képesség az évtized második felére jelentősen javult, a csehszlovák Walter motorgyár megvételével és a francia Blériot művekkel közösen épített repülőgépgyár bein-

¹⁵ HL, VKF 1.o. 9010/Hr. 1935. 2. oldal

¹⁶ Jugoszlávia, Románia, Görögország, Törökország között, egymás balkáni határainak garantálására (1934. 02. 09.). Elsősorban Olaszország és Bulgária ellen irányult.

¹⁷ HL, VKF 2.o. 118884/Eln. 1931.: Breguet típusú felderítő és bombázó repülőgépeket gyártottak

¹⁸ Uo.: Potez típusú felderítő és bombázó repülőgépeket és hidroplánokat gyártottak

¹⁹ Uo.: Henriot típusú iskolagépeket és Fizir típusú, saját konstruálású bombázó repülőgépeket gyártottak.

²⁰ HL, VKF 2.o. 118585/Eln. 1933.

dításával. Ekkor az ipar már képes volt — elméletileg — a hadsereg szükségleteit majdnem 90%-ban kielégíteni. Ahhoz azonban, hogy a légierő a kor színvonalának megfelelő, modern eszközökkel rendelkezessen, kénytelenek voltak továbbra is jelentős mennyiségű eszközt importálni. A géppark korszerűsítését elsősorban angol, német és lengyel repülőgépekkel oldották meg.²¹

Ezen évtized nagyobb részében — valószínűleg 1930-tól²² — a légierő kettő repülődandárral rendelkezett, melyek a hét repülőezredből hatot magukba foglaltak. Ezek állomáshelyei 1935-ben a következők voltak:²³

Légügyi Parancsnokság: Zimony

1. dandár Újvidék (Fehértemplom):

1. ezred Újvidék, 3 repülőosztály (1 felderítő, 1 vadász-, 1 bombázó);

3. ezred Skopje, 2 repülőosztály (1 felderítő, 1 bombázó);

6. ezred Ljubljana (majd 1935-től ismét Zimony) 2 repülőosztály (2 vadász).

2. dandár Zágráb:

2. ezred Sarajevo, 2 repülőosztály (2 vadász);

4. ezred Zágráb, 2 repülőosztály (1 felderítő, 1 bombázó);

7. ezred Mostar (csak az évtized második felében töltötték fel.)

Az 5. ezred Nišben állomásozott, feltöltése 1935-ig folyamatosan történt. 1935-től az 1. dandárhoz tartoztak az 1., 3., 6. ezredek; a 2. dandárhoz a 2., 4., 7. ezredek.²⁴ (A jugoszláv légierő ezredeinek díszlokációját 1935-ben az 1. számú vázlat mutatja.) 1938-ban újabb repülőegységet állítottak fel, majd 1940-re megalakult a 9. repülőezred, s tervezték a 10. létrehozását is.²⁵ Ekkor a légierőt ideiglenesen négy repülődandárba szervezték (1. Újvidék, 2. Zágráb, 3. Skopje, 4. Sarajevo).²⁶ Ezt 1941-ben három dandárra módosították, miközben az ezredeket változatlanul hagyták.

Ehhez az erőhöz tartozott még a két repülőiskola és a Divulje-i tengerészeti repülőiskola is. A katonai célokra használt repülőterek kiegészítésére 1934–1935-ben huszonnégy kisegítő repülőteret rendeztek be a légierő számára (Bjelovár, Borovo, Bežanija, Zabres, Valjevo, Palanka, Semendrija, Požarevac /kettőt/, Čazma, Šabac, Surčin, Isvarica, Žagubica, Kragujevac /hármát/, Daruvar, Kaiserica, Mesevista, Navaki, Seilova, Skofljica, Tuzla, Nagybecskerek, Vel. Lasce, Nagyikinda).²⁷

²¹ HL, VKF 2.o. 122192/Eln. 1935.

²² HL, VKF 2.o. 118884/Eln. 1931.

²³ HL, VKF 2.o. 119233/Eln. 1935.

²⁴ Uo.

²⁵ HL, VKF 1.o. 3414/Eln. 1940.

²⁶ HL, VKF 1.o. 5534/Eln. 1940.

²⁷ HL, VKF 2/c.o. 121889/Eln. 1934., HL, VKF 2/c.o. 121898/Eln. 1934. és HL, VKF 2/c.o. 122613/Eln. 1934.

MODERNIZÁLÁS ÉS BESZERZÉSEK A NEGYVENES ÉVEKIG

1934-től folyamatosan új századokat szerveztek,²⁸ de a meglévő és újonnan beszerzett eszközök alkalmazhatósága egyre alacsonyabb színvonalú volt, így 1935-ben a légierő modernizálásra kényszerült. A repülőfegyvernemek túlságosan sokfajta típusból álltak, s ezek nagy része is elavultnak számított már. A felderítő-repülőknél három, a bombázóknál hat, a vadászrepülőknél szintén hatféle repülőgéppel szerelték fel a századokat. Elsősorban a vadászfeladatú eszközöket kellett lecserélni. Bár még ebben az évben sikeresen kipróbálták a saját fejlesztésű és gyártású I.K.-t (vadászrepülőgép), mégis kénytelenek voltak nagyobb mennyiségű külföldi gépet megrendelni. Ezek elsősorban angol, francia és német gyártmányok voltak.²⁹ Kisebbségi mennyiségben lengyel és csehszlovák repülőanyagot is vásároltak. Eredményeként 1940-re jelentős mennyiségű, és viszonylag modern gépállománnyal rendelkezett a jugoszláv légierő. Ezt az állapotot a további megrendelések, és azok 1940–41-ben történő szállítása tovább javították. Új típusként jelentek meg a légierőnél a ME-109 és HURRICANE vadászok, a DO-17 és BLENHEIM bombázók.³⁰

A LÉGIERŐRE BIZTOSÍTOTT KÖLTSÉGVETÉSI KERETEK

A jugoszláv politikai és katonai vezetés a légierő kiépítésére, fenntartására, modernizálására mindvégig jelentős forrásokat biztosított. A húszas években — a hadsereg költségvetéséből — egyre növekvő arányban és összegben fordítottak a repülőeszközök tervezésére, gyártására, és a meglévő szervezetek fenntartására, bővítésére. A folyamatos forrásbiztosítás 1926-ban nőtt meg látványosan. Ennek valószínű magyarázata a következő: 1927-ben megalakították a 3. repülőezredet, s a már meglévő két repülőegységet is feltöltötték.

A gazdasági világválság a hadseregre fordított összegeket ugyan alapvetően csökkentette, ez azonban a légierőt nem érintette lényegesen, a végrehajtott fejlesztések, modernizáció alapján nem is érinthette jelentősen. A Nemzetközi Katonai Évkönyv adatai ugyan helyenként önmaguknak is ellentmondanak, — a megadott, majd később a valóságban ráfordított összegek megjelölésében, mint például az

²⁸ HL, VKF 2/c.o. 120693/Eln. 1934. és HL, VKF 2/c.o. 121401/Eln. 1934.

²⁹ HL, VKF 2.o. 122192/Eln. 1935.

³⁰ MKSZ 1941/6. 786–787. oldal

1929, 1930-as éveknél — azonban az eltérések nem jelentősek. A harmincas évek első felében, 1931-től 1935-ig drasztikusan és folyamatosan csökkent a jugoszláv katonai költségvetés. Azonban a hadsereg repülőszázadainak — ha nem is a repülőgépeinek — száma, fokozatosan tovább emelkedett. Az évtized közepétől pedig újra erőteljes mennyiségi és minőségi fejlesztés kezdődött meg a légierőnél.

A repülőgépek relatíve magas előállítási és kereskedelmi árai alapjaiban befolyásolták az államok — így volt ez Jugoszlávia esetében is — lehetőségeit légierjük fejlesztésében. A repülőeszközök előállítási és beszerzési költségei a harmincas években folyamatosan nőttek, gyakorlatilag majdnem egy nagyságrenddel.³¹

Év	Katonai kiadás (mD)	Légierőre (mD)	%	Forrás
1922-23	1127,803	25,6	2,27	Annuaire Militaire 1926. Geneva 1926.
1924-25	1956,001	39,77	2,03	Annuaire Militaire 1926. Geneva 1926.
1926-27	1127,803	116,27	10,31	Annuaire Militaire 1927. Geneva 1927.
1927-28	2398,6	146,14	6,09	Annuaire Militaire 1930-31. Geneva 1931.
1928-29	2428,6	166,528	6,85	Annuaire Militaire 1930-31. Geneva 1931.
1929-30	2428,6	178,865	7,36	Annuaire Militaire 1930-31. Geneva 1931.
1930-31	3081,9	238,7	7,74	Annuaire Militaire 1932. Geneva 1932.

Év	Katonai kiadás (mD)	1914-es árindexen (mD)	1929= 100%	Forrás
1931-32	2595,9	1504		Annuaire Militaire 1934. Geneva 1934.
1932-33	2132,3	1368		Annuaire Militaire 1934. Geneva 1934.
1933-34	2000,3	1158		Annuaire Militaire 1934. Geneva 1934.
1934-35	1943,3		65	Annuaire Militaire 1935. Geneva 1935.
1935-36	2002,1		69	Annuaire Militaire 1936. Geneva 1936.
1936-37	2309,2		71	Annuaire Militaire 1937. Geneva 1937.
1937-38	2419,6		79	Annuaire Militaire 1940. Geneva 1940.
1938-39	2772,2		80	Annuaire Militaire 1940. Geneva 1940.
1939-40	2928,2		79	Annuaire Militaire 1940. Geneva 1940.

BEFEJEZÉS

A jugoszláv légierő a vizsgált időszakban mindvégig lényegesen erősebb volt a hasonló rendeltetésű magyar erőknél. A magyar Vezérkar reális fenyegetésként

³¹ Dr. Szabó Miklós: A Magyar Királyi Légierő technikai és szervezeti fejlődése (1938-1944) ZMKA, Disszertáció, 1981. 148. oldal

számolt déli szomszédunk légierőjével. Példaként egy 1935-ös értékelést szeretnénk bemutatni.

„1935.11.02. Jugoszláv repülőbázisok hatásterülete:

Nyugati feladatcsoport (végrehajtó Zágráb):

Fő célok:

Szombathely repülőtér, pu.;

Sopron;

Magyaróvár töltény és gyutacsgyár;

Győr pu., gyárak.

Középső feladatcsoport (végrehajtó Újvidék):

Fő célok:

Budapest és környéke;

Tatabánya ipartelepei;

Veszprém ipartelepei;

Székesfehérvár repülőtér, rádióállomás, pu.;

Pécs és a bányatelepülések;

Keleti feladatcsoport (végrehajtó Zimony):

Tiszai hidak;

Vasúti állomások;

Repülőterek;

Hidak.

A jugoszlávok Magyarország ellen bombázó erejüknek mintegy egyharmadát tervezik felhasználni. A jelenlegi típusok könnyedén képesek 360 km-es hatótávolságra. A jugoszláv nappali bombázók kb. 1000 km-re képesek 130–170 kg-os bombaterheléssel, az éjjeli bombázók kb. 1000 km-re képesek 1000 kg-os bombaterheléssel.”³²

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] **The Aircraft Yearbook for 1934.** Aeronautical Chamber of Commerce of America, inc. 22. East fortieth street, New York 1934.
- [2] **Angelucci, Enzo:** The Rand Mc Nally Enciklopédia of Military Aircraft 1914 to Present, Crescent Books, New York 1981.
- [3] **Annuaire Militaire:** 1924, 1926, 1927, 1928, 1929, 1930, 1930–31, 1932, 1933, 1934, 1935, 1936, 1937, 1939–40, Geneva.
- [4] **Rivista Aeronautica:** 1930/2 Rome, 1930.
- [5] **Groehler, Olaf:** A légi háborúk története 1910–1970, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest 1980.
- [6] **Vitéz Szentnémedy Ferenc:** Jugoszlávia mint légi hatalom, Magyar Katonai Közlemények 1930/9.
- [7] **Taschebuch der Luftflotten** 1928/29, Frankfurt am Main 1928.

³² HL, VKF 2.o. 12433/Eln. 1935.

1. táblázat

A jugoszláv légierő néhány jellemző repülőgép típusa³²

Megnevezés	Funkció	Honnan	Év	V _{max.} (km/h)	H _{csúcs} (m)	Motorteljesítmény (LE)	D _{ható} (km) vagy Repülési idő(óra)
Devoitine D1	Vadász	Import (francia)	1923	230	8 500	300	2,5 óra
Devoitine D-9	Vadász	Import (francia)	1924	228	8 000	400	2,5 óra
Devoitine D-27	Vadász	Import (francia)	1931	312	9 200	500	600 km
Spad 20	Vadász	Import (francia)	1921	274	8 500	300	2,5 óra
Spad 7	Vadász	Import (francia)	1916	191	5 485	175	2,25 óra
Fizier	Felderítő	Hazai	1926	192	6 000	260	
Potez XIX	Felderítő	Licence alapján hazai					
Potez XXV	Felderítő Bombázó	Licence alapján hazai	1924	230	7 200	450	2,5 óra
Breguet XIX A-2	Felderítő Bombázó	Licence alapján hazai	1923	240	8 500	400	3óra
Breguet XIX B-2	Bombázó	Licence alapján hazai	1923	215	8 000	450	3óra
BH-33	Vadász	Import (csehszlovák)	1927	270	9 500	420	
BH-46	Vadász	Import (csehszlovák)					
Fokker T-9	Bombázó	Import (holland)	1925 után	208		3 x 365	1 200 km
Junker G-24	Bombázó	Import (német)	1925	175	3 800	690	
Ikarus I.M.	Felderítő	Hazai	1926	200	6 500	400	
Ikarus I.O.M.	Felderítő	Hazai	1927	170	4 500	375	
Ikarus J.K.3.	Vadász	Hazai	1934	527			
Ikarus IK-2	Vadász	Hazai	1937	428	10 500	860	400 km

³² Enciklopédia, Gemini kiadó, Budapest 1992.

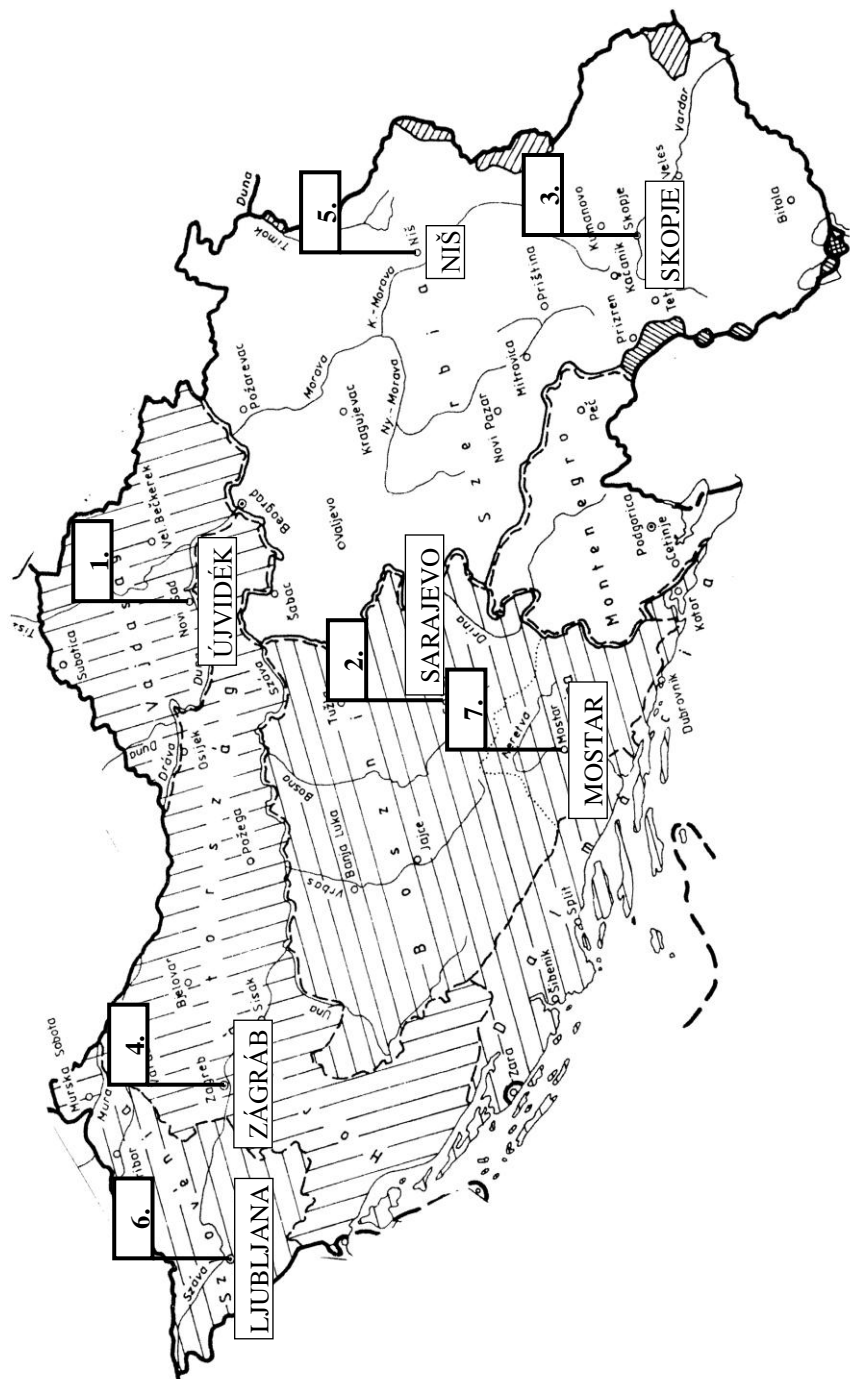
Angelucci, Enzo: The Rand McNally Encyclopedia of Military Aircraft, 1914 to the Present, Crescent Books New York 1981.

Munson Kenneth: A hadviselő felek valamennyi repülőgépe, Műszaki Kiadó, Budapest 1994.

TASCENBUCH DER LUFTFLOTTE, V. JAHRGANG, Herausgegeben von Dr. Ing. W. von Langsdorf, 1926.

HL, VKF 1923-1940 anyagok alapján saját összeállítás.

1. vázlat. A jugoszláv légierő ezredei 1935-ben



2. táblázat A jugoszláv légierő repülő századai és repülőgép mennyisége³³

Év	Jugoszlávia		Forrás
	rg. db.	re. szd.	
1912		1	MKK 1930/9. 882. oldal
1916		1	MKK 1930/9. 882. oldal
1918		4	HL, VKF 1.o. 5149/T 1928.
1919	200		MKK 1930/9. 882. oldal
1922		5	HL, VKF 1.o. 5149/T 1928.
1922	70		MKK 1930/9. 883. oldal
1923	70	6	HL, VKF 1.o. 5149/T 1928.
1925	110		MKSZ 1931/5. 245. oldal
1926	160		HL, VKF VI-1.o. 6236/T 1926.
1927	160	11	HL, VKF 2.o. Szn./528 B 1927.
1927	200	25	HL, VKF 1.o. 5149/T 1928.
1928	248		HL, VKF 2.o. 23693/T 1928.
1929	400	25	HL, VKF 1.o. Hr.1999. 1929.
1930	650	29	HL, VKF 2.o. 118985/Eln. 1931.
1930	650	29	HL, VKF 2.o. 118163/Eln. 1931.
1931		30	MKSZ 1931/9. 210. oldal
1931	627		Annuaire Militaire 1932
1932	750	44	HL, VKF 2.o. 118585/Eln. 1933.
1933		42	MKSZ 1934/1. 106.o.
1933	627		Annuaire Militaire 1934
1934	627		Annuaire Militaire 1935
1935	620		HL, VKF 2.o. 119233/Eln. 1935.
1936	850	43	MKSZ 1936/1. 111. oldal
1937	830	52	MKSZ 1937/7. 249. oldal
1939	813	57	Annuaire Militaire 1939/40
1940	1000		MKSZ 1941/6. 786. oldal

³³ A repülőeszközök és századok valószínű mennyiségének megállapítása a rendelkezésre álló források alapján gyakran kétségeket vet fel. Például az Annuaire Militaire kiadványok gyakran közölnek kettő-három évvel korábbi adatokat, a Magyar Katonai Közlemények és Magyar Katonai Szemle források pedig gyakran összevonják a harci („elsővonalbeli”) repülőgépeket a kiképző, a tartalék és időnként a polgári életből bevonható eszközökkel.

Dr. Hadnagy Imre József

REPÜLŐGÉPEK ÉS HELIKOPTEREK A TŰZOLTÁS SZOLGÁLATÁBAN

BEVEZETÉS

A korai repülési kísérletek azt a célt szolgálták, hogy az ember a magasba emelkedjen, és mint a madár uralja a légteret. A vállalkozó kedvű bátor elődeink el akarták érni azt, ami Daidalosznak és fiának Ikarosznak nem sikerült, hogy a levegőben akadály nélkül szárnyaljanak. Amikor korabeli hőseink már biztonsággal mozogtak a levegőben, akkor a szimpla „légjárás” kívül más feladatok megoldására is alkalmasnak tartották a repülőszerkezeteket. (A magyar katonai repülőket kezdetben légjáró csapatoknak nevezték, a repülés szinonimájaként használt légjárás kifejezés innen származik.) [5]

A magyarok az elsők között ragadták meg a lehetőséget a kísérletezésre, egyenlő eséllyel küzdöttek más nemzetek fiaival egy a levegő meghódítására alkalmas eszköz megalkotásáért, sokak közben jelentős elméleti munkásságot is folytattak. [5]

A repülés magyarországi története is azt bizonyítja, hogy a repülőeszközöknek legkorábban a „galamb” szerepét szánták, azaz más célú, mint például a katonai felhasználás gondolta — ez esetben a „galamb” „sassá” változtatása — későbbi keletű. Sajnos a géprepülés — több mint százéves — történetében sok fejezet foglalkozik a „sasok” nem éppen áldásos tevékenységével. [5]

A repülőgépek (a merevszárnyúak) polgári célú alkalmazása az első világháború után viszonylag tág teret kapott. Ennek a folyamatnak többek között a mezőgazdasági repülés; a természeti csapások, erdőtüzek felderítése; a légi fényképezés; meteorológiai felderítő repülés; légi mentés, stb. a jelentős állomásai. [5]

A helikopterek (forgószárnyasok) alkalmazásával kapcsolatban is ugyanez mondható el. A repülésnek ezek a csodái egyszerűbbé tették bizonyos feladatok megoldását, ugyanis a helikopterek a „beavatkozás” helyén leszállhatnak, mivel a leszállótér igényük kicsi. Sőt a levegőben oldalt is tudnak mozogni, nem is lényegtelen, hogy lebegni is képesek. Vannak feladatok, amelyek a levegőben egyhelyben álló lebegő helikopterből, azaz függésből is végrehajthatók. A lebegő forgószárnyasból csörlő segítségével kötél az ember leereszkeszhet a földre, de a leeresztett kötéllel személyek, tárgyak a fedélzetre emelhetők, szükség esetén függésben szállíthatók. [5]

A kedvtelésből végzett repülés mellett a legegyszerűbb volt valamit a levegőből megfigyelni, felderíteni. A következő lépés talán a kívánt objektum(ok)

távcsővel való megfigyelése a fedélzetről a már meglévő információk kiegészítése, pontosítása céljából. Az egyre újabb és újabb „fejlesztések” különleges feladatok (utasszállítás, teherszállítás, meteorológiai felderítés, légi permetezés, katonai feladatok végrehajtása, stb.) megoldására alkalmas repülőgépek megalkotását eredményezték. A repülőeszközök tűzvédelmi, tűzoltási feladatra való felhasználása egy újabb ötlet megvalósítása volt ebben a fejlődési folyamatban.

Ez a tanulmány a repülőeszközök alkalmazásának egy különleges területével a tűzvédelemben, szűkebb értelemben a tűzoltásban betöltött helyével, szerepével és tevékenységével foglalkozik, és nem törekszik annak teljeskörű feldolgozására.

A REPÜLŐESZKÖZÖK TÉRNYERÉSE A TŰZOLTÁSBAN

A „repülő tűzoltók”, azaz a „légcsavaros”, a „forgószárnyas tűzoltó” megjelenése

A „légcsavaros tűzoltó”

A repülőeszközök tűzoltói gyakorlatban is alkalmazott egyik csoportjába a merevszárnyúak (közismert nevükön repülőgépek), a másik csoportjába a forgószárnyúak (ismertebb néven helikopterek) tartoznak. A merevszárnyú repülőgépeknél a felhajtóerőt a szárny termeli, a teljesítmény szükségletet fedező erőforrás a második világháború végéig csak kizárólag dugattyús motoros légcsavaros hajtómű volt. (A második világháborút követően jelentek meg a sugárhajtóművek, amelyek később önálló szerepben tűzoltószerkek lettek). A légcsavaros repülőgépről kapták a nevüket a tűzvédelem szolgálatába állított repülőgépek, és személyzetük – azaz innen ered a **légcsavaros tűzoltó** elnevezés. [6, 7, 13]

„Első ízben valószínűleg 1918-ban alkalmaztak repülőgépet tűzoltásra (a tűz megfigyelésre, felderítésére – a megjegyzés tölem HIJ) az Egyesült Államokban levő Morgan városban. Egy súlyos robbanást követően tűzvész keletkezett, amelynek oltását rendkívül megnehezítette a további robbanások sorozata. A szétszóródó romok újabb tűzfészkeket hoztak létre. A gyors felderítés, oltás érdekében repülőgépet használtak a tüzeset helyének megfigyelésére. A repülőgép lényegesen megkönnyítette a katasztrófa elhárítását”.¹ Ebből a közleményből kiderül, hogy a tűzoltás menetét, hatékonyságát jelentősen befolyásolta a **területűz megfigyelése**, a tűz terjedési okának, tendenciájának a levegőből való **felderítése**. A repülőgép ekkor még tűzoltásra alkalmatlan volt, de a tűz időbeni és hatékony támadása,

¹ A Magyar Tűzoltó XI. évfolyam 1. száma /1959. január/ a 15. oldalon közli a Fire Engineering 1957. májusi számára hivatkozva.

megfekezése érdekében sokat tudott tenni, azaz a tűzoltók munkáját lényegesen megkönnyítette a levegőből szerzett információk segítségével. [9]

A gondolkodó, kísérletező embereknek köszönhetően a tűzvédelem ügyét változatos módszerekkel segítették a repülőeszközök. A világ egymástól távol eső részein a kontinensnyi erdők fölötti őrjáratokban, a kiterjedt erdőtüzek megfékezésében is szerepet kaptak. *Az Egyesült Államokban első ízben 1919-ben a leszerelt háborús pilóták agyában fogant meg a gondolat, hogy a repülőgépeket igen jól lehetne alkalmazni erdőtüzek felderítésénél.*² *Repülőgépek alkalmazása erdőtüzek oltására első ízben a kanadai szakemberek ötlete volt a második világháború utáni években.*³ Az idézetekből kiderül, hogy a repülőgépeket alkalmasnak tartják az erdőtüzek **felderítésre**, de azok **oltására** is. [21]

Mi újság a világ másik felén? *„A tűzoltóság minden technikai újítást magáévé téve halad a fejlődés útján, egyedül a repülés volt az, amit késett szolgálatba állítani. Orosz méretek kellettek ahhoz, hogy a repülőgép is beálljon a tűzoltószerek közé. A szovjet erdészeti hivatal állított be ... mindjárt egyszerre tíz repülőgépet az erdőtüzek leküzdésére. ... a repülőgépről a parancsnok ... pillanatok alatt tájékozódhat a tűz nagyságáról, terjedési irányáról ... megfelelő helyre rendelheti a ...tűzoltóosztagokat.*⁴ A repülőgép szerepe ebben az esetben is a **felderítés**, valamint a földön folyó tűzoltási tevékenység **irányítása**. [10]

Később más feladatok is jelentkeznek. *„A repülésnek nagy szerepe van az erdő és tőzegtüzek elleni harcban. Rendszeres őrjáratok ..., napi őrjárat a kijelölt útvonalakon, és a repülőgépek ejtőernyős tűzoltókat visznek, akik - ha tüzet észlelnek - kiugranak a gépből és hozzálátanak a tűz oltásához.*⁵ A „légszavaras tűzoltó” tehát **őrjáratozik**, az ejtőernyős tűzoltók a fedélzeten **megfigyelést folytatnak**, az éledő tüzeket **felderítik**, ha tüzet észlelnek **ejtőernyővel leereszkednek a földre**, és **megkezdik az oltását**. [18]

A technikai fejlesztések eredményeként hamarosan megjelentek a speciálisan tűzoltási feladatot végző repülőgépek is. Ennek szemléltetésére álljon itt egy kanadai és egy szovjet híradás részlete: *„Kanadában vízszállító repülőgépeket használnak az erdőtüzek oltására.”*⁶ *„Repülő tűzoltóvá” alakították át az AN-2 (1. ábra) kétfedelű vízirepülőgépet...*⁷ A repülőgépet a szakemberek olyan **tűzoltószerré** alakították át, amely a fedélzeten levő feltöltött víztartállyal közelíti meg a kárhelyet, és közvetlenül részt vesz az oltásban. [19, 20]

² Felderítés és oltás. (Magyar Tűzoltó XVI. évfolyam 11. szám. /1964. november/ 21. oldal.)

³ U. o. 21. oldal.

⁴ Hírek. Tűzrendészeti Közlöny XXXIV. évfolyam 12. szám (1936. december) 13. oldal.

⁵ Tűzoltóélet a baráti országokban. Magyar Tűzoltó VIII. évfolyam 10. szám, (1956. október) 7. oldal.

⁶ Érdekességek, újdonságok. (Magyar Tűzoltó XVI. évfolyam 11. szám. /1964. január/ 14. oldal.)

⁷ Külföldi hírek. (Magyar Tűzoltó XVII. évfolyam 11. szám. /1965. november/ 22. oldal.)



1. ábra. AN-2 „Colt” (szovjet) kétfedelű vízi repülőgép. (Itt permetező szerepben).
Forrás: A világ repülőgépei. (Mester Kiadó, Budapest 2000-2005 – 8. csoport 7. kártya

A „forgószárnyas tűzoltó”

A forgószárnyú repülőgépeken (helikoptereken) a felhajtóerőt a forgószárny (rotor) termeli. Innen ered a tűzoltói szerepet kapott helikoptereknek és állományuknak a „**forgószárnyas tűzoltó**” megnevezése. [6, 7, 13]

A helikopterek „tűzoltósításának” több motívuma lehet. Mik lehetnek ezek között az okok között?

„New York tűzoltósága több helikoptert szerzett be. Ezeket felhőkarcológok és más nehezen megközelíthető objektumok égése esetén használják, veszélyben levő emberek mentésére, amikor a mentés másképpen nem lehetséges.”⁸ A helikopterrel tehát megoldható azoknak az **embereknek a mentése**, akik tűz esetén a magas épületek tetejére menekülnek, vagy tűzzel körülzárt zónában maradnak, ha a menekülésre nincs más lehetőségük. [22]

⁸ Helikopterek a New York-i tűzoltóságon. Magyar Tűzoltó XI. évfolyam 2. szám. /1959. február/ 21. o.
30

„Az USA légereje a repülőgép szerencsétlenségek esetére új speciálisan felszerelt helikoptereket állított szolgálatba.”⁹ Repülőgépek balesete, katasztrófája esetén a helikopter a kárhely közvetlen közelében leszállhat, szükség esetén lebegésből tud **segítséget nyújtani, életeket menteni, tüzet oltani**. [23]

A szovjet „óriás helikopter tűzvédelmi célokra is előnyösen alkalmazható. Teljes felszereléssel 70 tűzoltót tud szállítani. Belsejébe 15 000 l-es víztartály szerelhető.”¹⁰ Ez a helikopter már egy igazi komplex **tűzoltószer** sok emberrel és oltóanyaggal. [24]

„Légcsavaros – helyesebben forgószárnyas (a beszúrás tölem HIJ) - tűzoltónak” nevezik tréfásan azt a helikoptert, amelyik a legnagyobb a világon. Bármely vízforráshoz leszállhat.”¹¹ Ezt a helikoptert a **többszöri vízszerezési képességgel** is „megáldották” a konstruktőrök. [25]

Összegezve. A leírtak alapján a „légcsavaros, és forgószárnyas”, vagy másképpen a „repülő tűzoltók” hatékony segítséget tudnak nyújtani:

- őrzőjáratossal a kiterjedt erdőségek megfigyelésében;
- az erdő-, és tőzegtüzek felderítésében;
- a repülőgép szerencsétlenségek helyszíneinek felkutatásában;
- tűzoltószerként az oltóanyag (elsősorban víz) égőfelületre juttatásában.

A helikopterek előnyösen alkalmazhatók:

- a magas építmények tüzeinél az élőerő mentésében, tűzoltásban;
- a tűzzel körülvárt, vagy nehezen megközelíthető, vagy rombolt területekről történő életmentésben;
- repülő balesetek, katasztrófák helyszínén az életben maradtak mentésében, a tűzoltásban.

A repülőeszközöknek ilyen speciális területen való alkalmazása, az eljárási módszerek, az eljárási rend az emberek racionális elképzelésére épül.

Megjegyzendő, hogy a tűzoltói gyakorlatban ma már nemcsak szigorúan a tűzoltással körülhatárolható, hanem másokkal kibővült — az élet-, és műszaki mentéssel, az elemi csapások következményeinek felszámolásában való közreműködéssel, speciális feladatok végzésével (ennek egyik emlékeztető példája a csernobili atomerőmű robbanásakor bevetett „forgószárnyas tűzoltók” küzdelme), stb. — tevékenységi körben is alkalmaznak repülőeszközöket. Nincs kizárva, hogy újabb feladatok megoldására is felhasználnak repülőgépeket, és helikoptereket, robotrepülőgépeket. Ezt példázza az emberi gondolkodásnak, a kísérletezésnek és a teremtőmunkának az a kiemelkedő újítása, hogy a legkorszerűbb repülőeszközök „lelke” a sugárhajtómű — önálló szerepben — is tűzoltószer lett.

⁹ Képes híradó. Magyar Tűzoltó XIV. évfolyam 7. szám, /1962. július/ 21. o.

¹⁰ Szovjet óriás helikopter bemutatói. Magyar Tűzoltó XVIII. évfolyam 9. szám. /1966. szeptember/ 21. o.

¹¹ A szovjet tűzoltóság életéből. Magyar Tűzoltó XIX. évfolyam 11. szám. /1967. november/ 11. o.

TÚZOLTÁSI TECHNIKÁK REPÜLŐESZKÖZÖK ALKALMAZÁSAKOR

A tűzoltó taktikának (a tűzoltás művészetének) egy sajátos területe a repülőgépes, helikopteres tűzoltás, amely különleges az alkalmazott eszközök tekintetében, de különleges az alkalmazók felkészültségét illetően is. Ennek a speciális tűzoltási, és mentési technikáknak a fejlődéstörténete mintegy száz éves időszakot ölel fel.

Egy repülőeszköz tűzoltói szerepéhez fűződően kardinális kérdés: milyen módon, és módszerekkel segíti az ártó (pusztító) tűz ellen fellépést, mennyiben és hogyan járul hozzá annak megfékezéséhez? Az eljárási rend ezen a területen is több fejlődési szakasz végére csiszolódik ki. A továbbiakban röviden tekintsük át miként, és mit alkottak elődeink ezen az úton haladva. De nem cél az alkalmazott tűzoltási technikák teljes körű vizsgálata, és nem cél azok természettudományos (kémiai, fizikai) elméletének részletes feldolgozása.

A „repülő tűzoltók” erdőtűz-oltási technikája

Az erdőtűz-oltási technika folyamatosan fejlődött, az előrelépés követte a repülőeszközök technikai fejlődésének tendenciáját. Adalékok a fejlődéstörténethez:

- A repülőgép „tűzoltói bevetése” legelőször arról szól, hogy kiterjedt erdőtűznél a parancsnok (az oltásvezető) a **fedélzetről** felderítse, megfigyelje a tüzet, **vezesse**, azaz eredményesen „vezényelje csapatát”. Az alapgondolat, hogy a levegőből a parancsnok sokkal jobban áttekintheti a terepet (az erdőt), mint a földön. A magasból a tájékozódás, a tűz felderítése pillanatok alatt lehetséges, de behatárolható a tűz nagysága, terjedési iránya. Egyértelműen meghatározható milyen irányban, távolságon kell megkezdeni az oltási, illetve fa kivágási munkálatokat, hova kell az erőket koncentrálni, honnan kell időben elvezényelni a veszélyeztetett csoportokat. A földi „erőkkel” való állandó kapcsolat, a megbízható vezetés a beavatkozás hatékonyságát, de a „vezényelték” biztonságát is szolgálja.¹² [10]

A repülőgép az oltásvezető feladatát könnyíti meg, ez ekkor nagy eredmény volt, mert még 1936-ot írtak. Meg kell jegyezni, hogy a füst, a nagy tűz azonban bizonyos korlátokat is állított a „vezénylő parancsnok” elé, nem is beszélve arról, hogy a hosszú időn át megzabolázhatatlan tűz esetén a repülőgép újbóli üzemanyag felvételéről, vagy a repülőgép leváltásáról is gondoskodni kellett. [10]

- Repülőgépet legelőször Kanadában alkalmaztak **erdőtűz oltására** a második világháború után. Az ötlet a DC-7 szállító repülőgép repülés közbeni instabilitásából eredt. Egy repülés után a gép kiegyenlítő tartályait

¹² Tűzrendészeti Közlöny XXXIV. évfolyam 12. szám /1936. december/ 13. o.

vízzel töltötték fel. A gép a levegőbe emelkedett, majd azt a feladatot kapta, hogy a repülőtér felett a tartályokból a vizet egyszerre engedje ki. Tikkasztó hőség lévén a földi személyzet kitörő kedvvel fogadta a permetszerűen „leereszkedő” vizet. A 2600 l víz 60 m széles és 1 km széles sávot permetezett le. Az eljárást az erdészeti tűzoltók figyelmébe ajánlották. Azok annak alkalmazása mellett döntöttek és ennek eredményeként hamarosan megalakult az első kanadai, és azzal majdnem egyidőben az első amerikai „**vízibombázó**” alakulat.¹³ Néhány **DC-6-ost tűzoltó repülőgéppé** (2. ábra) alakítottak át.[21]



2. ábra. DC-6 (DOUGLAS) tűzoltó repülőgép munka közben. Forrás: A világ repülőgépei. (Mester kiadó, Budapest 2000-2005 – 2. csoport 52. kártya)

¹³ Felderítés és oltás. Magyar Tűzoltó XVI. évfolyam 11. szám. /1964. november/ 21. o.

- Az 1960-as években a légi erdővédelmi tűzoltó-ejtőernyős szolgálat repülőgépei Szibériában egy repülőbázison állomásoznak, örterületük mintegy 40 millió hektárt tesz ki. A szolgálat AN-2 repülőgépei **örjáratoznak**. Tűz esetén a tűzoltók **ejtőernyővel kiugranak**, a szükséges anyagokat kidobják olyan helyen, ahol a tűz nem fenyeget, rádióval tartanak összeköttetést, **okszerű esetben robbantanak**. Kérésre hamarosan helikopter indul a helyszínre a még nélkülözhetetlen anyagokkal, és felszereléssel. A beavatkozást a szerint végzik, hogy alsó, vagy felső égésről van-e szó. Az erdő alsó égése a veszélytelenebb, de hatalmas fák dőlnek ki, a füst nagy, gyakran a gyantaszag fojtogató. Az ejtőernyővel leereszkedő tűzoltók 6 méter széles árkot robbantanak, ami gátját állja az alsótűz terjedésének, a cél a lokalizálás. A tűzoltók az erdőgazdaság dolgozóit bevárják, mert a további munka az ő feladatuk. A felső égés sokkal veszélyesebb, mert a lángok „elragadják” a fák koronáját, a tűz óránként 30-35 km-es sebességgel halad, és még a 100 m széles folyókon is „átlép” a láng.¹⁴ [14]
- Az AN-2 úszó-testébe tartályokat helyeztek el, amelyek folyóra, vagy tóra szállás esetén négy másodperc alatt vízzel telnek meg. A víz oltóképességét vegyszerekkel növelik. A repülőgép az erdőtűzre repülve **a tartályokból az oltóvizet az égő erdőre zúdítja**.¹⁵ [20]
- Az erdőtűzek oltásánál maradványok az erdőben rekedt élőerő (emberek, állatok) mentését — analóg módon az amerikai tűzoltóságnál alkalmazottak szerint is — végre lehet hajtani. Az eljárás lényege, hogy a beavatkozáskor a helikopter lefelé irányuló légárama félreszorítja, vagy leveri a lángokat, így meg tudja közelíteni a tűzben rekedt embereket, esetleg állatokat. A lebegő helikopterből a tűzoltók leereszkednek, akik először az **embereket** és az állatokat — **mentik**, közben **oltanak** is. A fedélzeten két tűzoltónak, tűzoltóanyagoknak, különleges felszereléseknek, van hely. A helikopter egy perc alatt száll fel, bármely talajra, de lápra is leszállhat.¹⁶ [11]
- A szovjetek nagy helikopterét átalakították, ez a „forgószárnyas tűzoltó” bármely vízforráshoz le tud szállni, két perc alatt feltöltődik a 11 000 l-es tartálya, ezt a hatalmas víztömeget 17-19 s alatt a tűz által fenyegetett helyre zúdítja.¹⁷ [25]
- A szovjet légi tűzoltás az alábbi eljárásokat alkalmazta: repülőgépről vízzel és vegyszerrel történő oltást, ejtőernyős tűzoltók bevetését, helikopteres tűzoltók leereszkedését. A víz és vegyszerszórók („vízibombázók”) olyan dugattyús repülőgépek, amelyeket nehézbombázókból, szállítógé-

¹⁴ Kirepültünk a tűzhöz. Magyar Tűzoltó XVII. évfolyam 4. szám. /1965. április/ 20-21. o.

¹⁵ Külföldi hírek. Magyar Tűzoltó XVII. évfolyam 11. szám. /1965. november/ 22. o.

¹⁶ Helikopterek a tűzoltás szolgálatában. Magyar Tűzoltó XV. évfolyam 11. szám. /1963. november/ 17. o.

¹⁷ A szovjet tűzoltóság életéből. Magyar Tűzoltó XIX. évfolyam 11. szám. /1967. november/ 11. o.

pekből alakítottak ki. Az ejtőernyős tűzoltók olyan személyek, akik korábban már legalább száz ugrást végeztek. A MI-4 helikopterből — sisakkal a fejükön, azbeszt műanyag kezes-lábasban — kötélhágcsón ereszkednek le a tűzfészek közelébe, felszerelésük a háti permetező, vegyszeres tűzoltó készülék, tűzoltó lapát, csáklya.¹⁸ [8]

- A tűzfelderítés után attól függően döntenek a „vízibombázás” alkalmazása, vagy mellőzése mellett, hogy a tűz milyen növénykultúrát (erdő, bozót, cserje stb.) veszélyeztet. A „vízibombák” vize csökkenti a felmelegedett talaj hőmérsékletét, megkönnyítve a földi tűzoltók munkáját. Az időben érkezett ejtőernyős, és helikopteres tűzoltók a tűz terjedési irányában irtást végeznek, azaz késleltető zónát alakítanak ki, ezzel egyidőben koronaoltást folytatnak, és egyéb preventív intézkedéseket tesznek a földi egységek megérkezéséig.¹⁹ [8]

A kanadai „tüzes repülők” erdőtűz elleni küzdelme

Az első világháború idején már repülőgépet alkalmaztak a kiterjedt erdőségek megfigyelésére. A feladatot a „tundrafigyelők” — akik képzett pilóták voltak — hajtották végre. Jelzésük alapján a földi egységek végezték a tűzoltását. Később az erdőtüzek megfékezésére kiképzett tűzoltókat — a „füstugrókat” — repülőgéppel vitték a kiugrás körzetébe. Egy repülőgép 10 ejtőernyős tűzoltót szállított. [1]

A vízibombázás technikáját a második világháború után fejlesztették ki, ebben a főszereplők a világháborúban is résztvevő bombázórepülőgép-vezetők voltak. Ez a technika kezdetben a szállítótérbe helyezett vízzel teli papír tasakokra épült, amelyeket a tűz közelébe érve — a háborúban is alkalmazott — kézi célzási megoldással dobtak ki. [1]

1947-ben egymotoros hidroplánt állítottak szolgálatba, amely a vizet billenő tartályban szállította. Az akkori elképzelés szerint a víznek egy tömegben kellett a földre érni, valójában ez kivihetetlen, mert bármilyen alacsonyról is bombáznak vízzel, a szóróhatás érvényesül. [1]

1960-tól a kétmotoros CATALINA repülőgépet használták az erőtüzek megzabolázására. Ezt a repülőgépet - az akkor még nem „légcsavaros tűzoltót” - a hadseregben a tengeralattjárók elleni harcra alkalmazták. A repülőgép üzemanyaga több repülési órára volt elegendő, és 4000 l vizet tudott magával vinni. A víztartály újbóli feltöltése rövid időt vett igénybe (14 másodperc). [1]

A legelső valóban tűzoltó repülőgép a CATALINA volt, ugyanerre a feladatra később DHC-3 Otter, majd **DHC-6 Twin-Otter** (a nevéből is kiderül, hogy

¹⁸ Korszerű erdőtűzvédelem a Szovjetunióban. Magyar Tűzoltó XVI. évfolyam 11. szám. /1964. november/ 20. o.

¹⁹ U.o. 20. oldal.

ez már kétmotoros; 3. ábra) repülőgépet alkalmazták. Sokáig a CL-215 kétmotoros repülőgépek voltak tűzoltói szolgálatban. [1]



3. ábra. DHC-6 Twin Otter (kanadai) tűzoltó repülőgép munka közben. Forrás: A világ repülőgépei. (Mester kiadó, Budapest 2000-2005 – 8. csoport borítója)

A **CL-215** (4. kép) kételtű szárazföldi és vízfelszíni alkalmazású, 6000 l vizet képes a fedélzetén („talpaiban”) szállítani. A vizet a vízfelszínén repülve önállóan veszi fel az arra alkalmas tóból, folyóból, víztárolóból. Repülési sebessége 150 km/h. 1967-ben építették az elsőt, összesen 125 db készült, ebből 109 még az 1990-es évek végén is repült. [1]



4. ábra. CL-215 (CANADAIR) kételtű szárazföldi és vízfelszíni alkalmazású tűzoltó-repülőgép. Forrás: A világ repülőgépei. (Mester kiadó, Budapest 2000-2005 – 8. csoport 48. kártya)

A nagy összefüggő — több 100 000 km² területű — erdőkhöz tartozó természeti jelenség a tűz. Kanadában naponta 100 erdőtűz is előfordul. A tűzoltó repülőgépek egy sajátos háború főszereplői, amelyben az erdőtűz az ellenség. A harctevékenység fő formája a támadás, azaz a tűz vízzel bombázása, a tűz terjedésének megakadályozása céljából. Ez a harc egy veszélyes vállalkozás a kis repülési magasság és a füst, valamint a hirtelen magasság változtatások miatt. A tűz támadását a szél irányából kell végezni. [1]

A tűzoltás vezetője egy kis repülőgépről irányítja a CL-215-ök munkáját, azaz a vízzel bombázás légi irányítással történik. A szárazföldi tűzoltók a tűzterület szélein végzik munkájukat, a velük való együttműködés nagy szervezettséget, és odafigyelést igényel, (Kanadában eddig az együttműködés hiánya, vagy szervezetlensége miatt baleset nem fordult elő). [1]

A CL-215 „talpainak” vízzel való feltöltése 70 másodpercet vesz igénybe, a kiürítése 1,25 másodpercig tart. A feltöltéskor levegő nem juthat a tartályba, erről egy automatika gondoskodik, a túltöltés is lehetetlen, mert a többlet víz a „talpak” felső részén távozik. A repülés közbeni feltöltéssel időt takarítanak meg. A feltöltés, de a bombázás is nagy gyakorlatot követel meg, mert számtalan veszély forrása. A töltés közbeni motorhiba esetén a repülőgép a víz felszínén a talpakon marad, a szárnyak végére szerelt kitámasztók védenek az oldalra billenéstől. A repülőgép-vezető és a másodpilóta kétszer vezényel minden folyamatot, ez a biztonságot szolgálja. A fák feletti manőverek, és a légörvények miatt a repülés nagy figyelemösszpontosítást igényel. A felvett vizet vegyszerrel — habképző anyaggal — keverik, így a bombázáskor tűzoltóhab keletkezik. [1]

A legújabb tűzoltó repülőgép a CL-415, melynek ára mintegy 22 millió dollár, két légszavaras gázturbinája van, súlya kisebb, mint elődjéé, jobb a manőverező-képessége, 420 m/s az emelkedési sebessége, a zajsztint a pilótafülkében alacsony, sebessége 160 km/h, a tartályok ürítése gombnyomásra történik.²⁰ [1]

A HAZAI TŰZOLTÓK ÉS A REPÜLŐESZKÖZÖK

Az elején le kell szögezni: a magyar Tűzoltóság jelenleg helikopterekkel nem rendelkezik²¹, de képes arra, hogy szükség esetén — a személyzetével együtt a rendelkezésére bocsátott forgószárnyasokkal — levegőből is megoldja tűzoltási, mentési feladatait. Ehhez hathatós segítséget nyújtanak az ORFK Rendészeti Biztonsági Szolgálat (korábban Készenléti Rendőrség) Légirendészeti Parancsnokság esetenként kölcsönadott helikopterei.

²⁰ A kanadai tűzoltórepülők munkáját a Spektrum televíziós csatorna „Tüzes repülők” 2005. február 07-i adása alapján ismerttettem.

²¹ A BM OKF állományába lévő helikopterek (K-26) elvileg rendelkezésre állnak, de ezek hatósági vizsgával nem rendelkeznek, és mivel nem mai típusról van szó - kérdéses az ismételt szolgálatba állításuk.

Az 1990-es évek elején vetődött fel az a gondolat, hogy bizonyos esetekben célszerű lenne a tűzoltóknak is helikoptereket alkalmazni. Ehhez két adalék: a magas épületek²² esetleges tüzeinél, ahol a sérültek, a tetőre vagy a legfelső emeletekre menekülők emelőkosaras mentése — egy adott magasság fölött — nem lehetséges; vagy ha a bajba jutott repülőgépek, sportrepülők közúton, vízen nehezen megközelíthető helyen érnek földet, szenvednek katasztrófát, akkor a helikopter jó megoldást kínál a beavatkozásra (tűzoltásra, mentésre).

Az elgondolást felkarolva a Budapesti Tűzoltó Parancsnokság vállalta az úttörő szerepet és megalakította Különleges Helikopteres Mentési Csoportot. A 2. sz. Tűzoltási Csoport (TCS-2) mindhárom váltásában egy-egy „rajt” képeztek ki. Az állomány két perc alatt kész helikopterre szállni a szükséges tűzoltó és mentőeszközökkel. (Hírek szerint ma már az országban több hasonló felkészültségű csoport létezik.)

A csoport tevékenységének támogatására a rendőrség **Mi-2** (5. kép), és **MD-500** (6. kép) helikopterei a legalkalmasabbak.



5. ábra. Mi-2 „HOPLITE” (szovjet) helikopter tűzoltó szerepben. Forrás: A világ repülőgépei. (Mester kiadó, Budapest 2000-2005 – 3. csoport 68. kártya)

²² Hazánk néhány nagyvárosban – Budapesten, Szolnokon, Gyöngyösön, Debrecenben, stb. – készültek olyan lakóházak, hivatali épületek, tanintézetek, és más építmények, amelyek húsz emeletnél magasabbak.



6. ábra. MD-500 (McDONELL DOEGLAS HELICOPTERS) rendőri és tűzoltói alkalmazásra. Forrás: A világ repülőgépei. (Mester kiadó, Budapest 2000-2005 – 3. csoport 53. kártya)

Voltak kísérletek az MH Mi-17 helikoptereinek alkalmazására is, de azok 30 m magasan lebegve olyan légörvényt keltenek, hogy a személyek mentését — főleg magas épületek tetejéről — nem lehet megoldani. Álomnak tűnő kívánság, hogy ugyanezt a tűzoltók nyugati gyártmányú új helikopterekkel végezzék.

A különlegesen kiképzett csoport állománya képes:

- rövid időn belül helikopterre szállni;
- magas épületek tüzeinél a beavatkozásra (tűzoltásra, mentésre);
- légi felderítő és mentő csoportként tevékenykedni;
- erdő-, nádas-, bozóttűz, árvíz esetén, stb. oltási és/vagy mentési feladat megoldására;
- komplex gyakorlások a MH légi kutató-mentő feladatokat ellátó állományával, és más erőkkel;
- közúton nehezen megközelíthető balesetek helyszínén a beavatkozásra (tűzoltásra, mentésre).

A Különleges Helikopteres Mentési Csoport eddigi tevékenységét jelzik:

- a MH kutató-mentő részlegeivel való közös kiképzés;
- jubileumi rendezvényeken, (bemutatókon) való közreműködés.
- Mi-17 (a modernizált változata a Mi-172), minden feladatra alkalmas helikopter – kutatás-mentés, légi kórház [4];

„Légcsavaros tűzoltók”

- CATALINA kétmotoros bombázóból átalakított – első tűzoltó repülőgép (1960-tól), (tartályában 4000 l vízzel);
- **CL-215** (4. kép) tűzoltó repülőgép (hidroplan) Kanadában 1967-től, (tartályában 6000 l vízzel);
- CL-415 kétmotoros tűzoltó repülőgép Kanadában, (tartályában 6000 l vízzel);
- DHC-3 OTTER. Tűzoltó repülőgép (hidroplan) Kanadában, (tartályában 2000 l vízzel);
- **DHC-6 TWIN-OTTER**. (3. kép) tűzoltó repülőgép (hidroplan) Kanadában, (tartályában 3000 l vízzel – becült érték);
- **NEPTUNE** (7. kép). Nagy hatótávolságú tűzoltó repülőgép, (tartályában 11 400 l vízzel);



7. ábra. NEPTUNE (tűzoltógép) – Lockheed munkában. Forrás: A világ repülőgépei. (Mester kiadó, Budapest 2000-2005 – 8. csoport 47. kártya)

- **PB-2M MARS** (8. kép). Nagy hatótávolságú tűzoltó repülőgép (hidroplan), (tartályában 10 000 l vízzel – becsült érték);



8. ábra. PB2M MARS tűzoltó repülőgép munkában. Forrás: A világ repülőgépei. (Mester kiadó, Budapest 2000-2005 – 8. csoport 48. kártya)

- **DC-6B** (3. ábra) tűzoltó repülőgép. (USA) (10 000 l vízzel – becsült érték) [4].

BEFEJEZÉS

Ez az írásmű azzal a céllal készült, hogy a repülőeszközök tűzoltásban történő térnyerésének történetébe bepillantást engedjen. Nem titkolt szándék annak a nehézségekkel, bukkánókkal tarkított útnak a bemutatása sem, amelyen elődeink a repülőeszközök kifejlesztésének ötletétől elindulva jutottak el a repülőgépek, helikopterek tűzoltói gyakorlatban való alkalmazáshoz, és érkeztek el napjainkig. Odáig, amikor a legkorszerűbb repülőeszközök szolgálják a tűzoltó ügyet, amikor kicsiszolódott tűzoltási technikával tudják megfékezni az ártó tüzet a lánglovagok.

A világ sokoldalú megismerése, a természeti jelenségek tudatos megfigyelése, a természettudományos ismeretek bővülése az embert egyre inkább tudatos cselekvésre ösztönzi a nem kívánt tűz elleni küzdelemben.

A technikai eszközök a tűz elleni fellépésben egyre inkább fontos szerepet kapnak (a balták, vödörök, bontó eszközök, vízszállító tömlők, stb. a tűzoltás évezredek eszközei). A szivattyú feltalálása, majd a tűzoltás szolgálatába állítása, azaz a fecskendő megalkotása az egyik legnagyobb horderejű újítás volt „tűzoltás ügyben”. A fecskendő „kis lépésekkel” való modernizálása (golyanyak, nyomó-, majd szívótömlő, kocsiszerkezetre szerelés, lóvontatás) egyre inkább a tudatosságot helyezi előtérbe, sőt a tudomány, mint fejlesztőerő egyre meghatározóbb szerepet kap a tűzoltásban is.

Az ipari forradalom a tűzvédelem területén a rohamléptekkel való előrehaladást jeleníti meg. A gőzgép, később a motorok, létraszerkezetek, légzőkészülékek, védőruhák, gépjárműfecskendők, stb. „tűzoltó munkába állítása” a tudatosság és tudományosság térhódítását fémjelzi. Ebből a sorból nem hiányoznak a repülőeszközök sem, amelyek ugyancsak tűzoltószerkezetek lettek. A tűzoltószerkezet folyamatos „finomítása” a tűzoltás technikáját fejlesztette, eredményesebb, hatékonyabb emberi tevékenységet reprezentálva. A repülőeszközök alkalmazása egy különleges tűzoltási technikai kifejlődését eredményezte, amelynek megismeréséhez ez a tanulmány is hozzájárulhat.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Spektrum televízió: „Tüzes repülők” című adása. (2005. február 07.)
- [2] HADNAGY Imre József: Hazai együttműködők forgószármakon is. (A 2005. évi Repüléstudományi konferencia, Szolnok. Konferencia kiadvány CD mellékletében.)
- [3] HADNAGY Imre József: Fejezetek a szárazoltás, a vízkármentes, valamint a turbóreaktív eszközzel történő tűzoltás történetéből. (Kézirat.)
- [4] Mester kiadó kártyái. (Mester kiadó. Budapest. 2002-2005.)
- [5] WINKLER László: Magyar repülők, repülő magyarok. (Pallas stúdió. Kossuth nyomda, Budapest, 2001.)
- [6] SZENTESI György: A légszavaros repülőgéptől a szuperszonikusig. (Haditechnika. 1975. Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest 1975. 100-121. o.)
- [7] Természettudományi lexikon.
- [8] Korszerű erdőtüzvédelem a Szovjetunióban. (Magyar Tűzoltó. XVI. évfolyam 11. szám. 1964. november. 20. o.)
- [9] A repülőgép szerepe a tűzoltásban. (Magyar Tűzoltó. XI. évfolyam 1. szám. 1959. január.)
- [10] Hírek. Tűzrendészeti Közlöny. (XXXIV. évfolyam 12. szám. 1936. december.)
- [11] Helikopterek a tűzoltás szolgálatában. (Magyar Tűzoltó. XV. évfolyam 11. szám. 1963. november, 17. oldal.)
- [12] VÁRKONYI: Pázmándi önkéntesek. (Tűzvédelem. XL. évfolyam 8. szám. 1998 augusztus.)
- [13] Hadtudományi lexikon. M-ZS. (Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest 1995.)
- [14] Kirepültünk a tűzhöz. (Magyar Tűzoltó. XVII. évfolyam 4. szám. 1965. április. 20-21. oldal.)
- [15] KISS Tibor: A vegyes repülőosztálytól – a helikopter ezredig. (Magyar Szárnyak. XXXI. évfolyam 2003. 31. szám. 107. oldal.)

- [16] IVÁN Dezső: A magyar katonai repülés rövid története VI. rész. Magyar Szárnyak. XXVIII. évfolyam 2000. 28. szám. 124. o.
- [17] Bemutatjuk Sági János vezérőrmagyot. Magyar Szárnyak. XXXII. évfolyam 2004. 32. szám. 89-90. o.
- [18] Tűzoltóélet a baráti országokban. (Magyar Tűzoltó. VIII. évfolyam 10. szám. 1956 október.)
- [19] Érdekességek, újdonságok. (Magyar Tűzoltó. XVI. évfolyam 11. szám. 1964. január. 14. o.)
- [20] Külföldi hírek. (Magyar Tűzoltó. XVII. évfolyam 11. szám. 1965. november. 22. o.)
- [21] Felderítés és oltás. (Magyar Tűzoltó. XVI. évfolyam 11. szám. 1964. november. 21. o.)
- [22] Helikopterek a New York-i tűzoltóságon. (Magyar Tűzoltó. XI. évfolyam 2. szám. 1959. február. 21. o.)
- [23] Képes híradó. (Magyar Tűzoltó. XIV. évfolyam 7. szám. 1962. július. 21. o.)
- [24] Szovjet óriás helikopter bemutatói. (Magyar Tűzoltó. XVIII. évfolyam 9. szám. 1966. szeptember. 21. o.)
- [25] A szovjet tűzoltóság életéből. (Magyar Tűzoltó. XIX. évfolyam 11. szám. 1967. november. 11. o.)

JEGYZETEK

1. A Magyar Tűzoltó XI. évfolyam 1. száma /1959 január/ a 15. oldalon közli a Fire Engineering 1957. májusi számára hivatkozva.
2. Felderítés és oltás. (Magyar Tűzoltó XVI. évfolyam 11. szám. /1964. november/ 21. oldal.)
3. U. o. 21. oldal.
4. Hírek. Tűzrendészeti Közlöny XXXIV. évfolyam 12. szám (1936. december) 13. oldal.
5. Tűzoltóélet a baráti országokban. Magyar Tűzoltó VIII. évfolyam 10. szám, (1956 október) 7. o.
6. Érdekességek, újdonságok. Magyar Tűzoltó XVI. évfolyam 11. szám. 1964. január 14. o.
7. Külföldi hírek. Magyar Tűzoltó XVII. évfolyam 11. szám. /1965. november/ 22. oldal.
8. Helikopterek a New York-i tűzoltóságon. Magyar Tűzoltó XI. évfolyam 2. szám. 1959 február 21. o.)
9. Képes híradó. Magyar Tűzoltó XIV. évfolyam 7. szám, /1962. július/ 21. oldal.
10. Szovjet óriás helikopter bemutatói. Magyar Tűzoltó XVIII. évfolyam 9. szám. /1966. szeptember/ 21. o.
11. A szovjet tűzoltóság életéből. (Magyar Tűzoltó XIX. évfolyam 11. szám. /1967. november/ 11. o.)
12. Tűzrendészeti Közlöny XXXIV. évfolyam 12. szám /1936. december/ 13. oldal.
13. Felderítés és oltás. (Magyar Tűzoltó XVI. évfolyam 11. szám. /1964. november/ 21. oldal.)
14. Kirepültünk a tűzhöz. (Magyar Tűzoltó XVII. évfolyam 4. szám. /1965. április/ 20-21. oldal.)
15. Külföldi hírek. (Magyar Tűzoltó XVII. évfolyam 11. szám. /1965. november/ 22. oldal.)
16. Helikopterek a tűzoltás szolgálatában. (Magyar Tűzoltó XV. évfolyam 11. szám. /1963. november/ 17. o.)
17. A szovjet tűzoltóság életéből. (Magyar Tűzoltó XIX. évfolyam 11. szám. /1967. november/ 11. o.)
18. Korszerű erdőtűzvédelem a Szovjetunióban. (Magyar Tűzoltó XVI. évfolyam 11. szám. /1964. november/ 20. o.)
19. U.o. 20. oldal.
20. A kanadai tűzoltórepülők munkáját a Spektrum televíziós csatorna „Tüzes repülők” 2005. február 07-i adása alapján ismertettem.
21. A BM OKF állományába lévő helikopterek (K –26) elvileg rendelkezésre állnak, de ezek hatósági vizsgával nem rendelkeznek, és mivel nem mai típusról van szó - kérdéses az ismételt szolgálatba állításuk.
22. Hazánk néhány nagyvárosban – Budapesten, Szolnokon, Gyöngyösön, Debrecenben, stb. – készültek olyan lakóházak, hivatali épületek, tanintézetek, és más építmények, amelyek húsz emeletnél magasabbak.
23. Várkonyi: Pázmándi önkéntesek. (Tűzvédelem. CXXI. évfolyam 8. szám /1998 augusztus/ 36. o.)

TERMÉSZETI KATASZTRÓFÁK KÖVETKEZMÉNYEINEK FELSZÁMOLÁSA (ÁRVÍZVÉDELEM A TISZA MENTÉN)

A Tisza folyó szerepe meghatározó a környező települések mindennapjaira.

A Tisza völgy - és így Szolnok is - nemcsak egyedülálló szépségeit, de az árvízi, belvízi időszakokban a káros hatását is megtapasztalja.

A Tisza völgy, valamint Szolnok térségét érintő kockázati tényezők számbavételekor a következőket szükséges megvizsgálni:

- vízgyűjtő terület;
- erdősültség;
- hóolvadás intenzitása;
- csapadék mennyisége;
- árvizek 1998-2006 között.

Térségünkben a Tisza, mellékfolyóival együtt, az Északi Kárpátoktól a Keleti Kárpátokig behatárolt területről szállítja a vizet.

Ha térképen tanulmányozzuk, jól látható a vízgyűjtő terület nagysága, (~157 000 km²), illetve Szolnokon, ahol a Zagyva a Tiszába torkollik, már mindkét folyó hozadéka keresztül folyik a városon.

A vízgyűjtő területek erdősültsége, pontosabban annak hiánya jelentős befolyásoló tényező. Vízügyi szakemberek rámutattak, hogy éppen az erdők kiirtása az oka annak, hogy nincs olyan anyag, nincs olyan élő szervezet, amely az időközönként megjelenő intenzívebb, nagy mennyiségű csapadékot, a tavaszi hóolvadás idején a hatalmas vízmennyiséget felfogja.

Az elmúlt időszakban megélt átszervezések, átalakítások eredményeképpen a Honvédség — Parlament által meghatározott — fő feladata a haza védelme illetve a szövetségi rendszer kötelékében meghatározott feladatok és kötelezettségek teljesítése.

Ugyanakkor a Honvédség olyan háttérrel, technikai eszközökkel rendelkező szervezett erő, amelyet nem szabad és nem is lehet katasztrófa helyzetekben nem figyelembe venni és nem alkalmazni.

A legmagasabb szintű jogszabály, a Magyar Köztársaság Alkotmánya foglalkozik a katasztrófa védelemmel és ezen belül a különböző szervezetek feladatrendszerével.

A katasztrófa védelemben résztvevők összetétele:

- polgári védelmi szervezetek;
- hivatásos katasztrófavédelmi szervek;
- hivatásos önkormányzati tűzoltóságok;
- gazdálkodó szervezetek;
- Magyar Honvédség;
- Határőrség;
- rendvédelmi szervek;
- állampolgárok;
- Országos Meteorológiai Szolgálat;
- Országos Mentőszolgálat;
- Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat;
- önkéntesen résztvevő társadalmi szervezetek;
- a civil és az erre a célra létrehozott köztestületek;
- a nem természeti katasztrófák esetén annak okozója és előidézője;
- Önkormányzatok, állami szervek.

Az alábbi felsorolás mutatja azt a törvényi, jogszabályi háttérrel, amely alapján a magyar Honvédség részt vesz a természeti katasztrófák következményeinek felszámolásában.

- a Magyar Köztársaság Alkotmánya;
- a honvédelemről és az MH-ről szóló 2004. évi CV. Törvény;
- az 1999. évi LXXIV. katasztrófa védelmi törvény;
- a 179/1999. Kormányrendelet;
- az 1996. évi XXXVII. polgári védelmi törvény;
- a 23/2005. HM rendelet;
- a 82/2005 HM HVKF intézkedés;
- a HKR SZMSZ;
- a HKR ÁKT;
- az MH LEP intézkedése;
- az MH LEP Katasztrófa Védelmi Alkalmazási Terv.

Többféle katasztrófa megelőzésében, valamint azok következményeinek felszámolásában vállal aktív szerepet a Honvédség. A honvédelmi tárca rendeletekkel, intézkedésekkel, utasításokkal szabályozza a Honvédség részvételét, tevékenységét.

A végrehajtó egységek szintjén jelenik meg a Magyar Honvédség 86. Szolnok Helikopter Ezred.

A helikopter, mint különleges képességekkel rendelkező speciális repülő eszköz, polgári célokra széles körben használt és alkalmazott, továbbá a katasztrófa elhárítási rendszerben is széleskörűen bevethető.

Az adott helikopter típus specifikumától függ az, hogy milyen technikai felszereltséggel rendelkezik. A típusra jellemző sebesség és magasságértékek

közötti tartományban képes szállítási feladatokat végrehajtani, személyeket felkutatni, menteni.

A Magyar Honvédség 86. Szolnok Helikopter Ezred légi kutató-mentő szolgálata a keleti országrészben Szolnok, a nyugati országrészben pedig Pápa kiterjedt körzetében képes szükség esetén segítséget nyújtani és részt venni a humanitárius feladatok ellátásában.

Érdemes kiemelni azt a tényt, miért fontos, hogy Szolnokon katonai repülőtér van és miért szükséges, hogy Szolnokon katonai helikopterek állomásozzanak. Az elmúlt években zajlott reformok és átszervezések során a Honvédségnél komolyan voltak olyan vélemények, hogy a katonai helikoptereknek nincs helye az alföldi régióban,

Léteztek olyan tervek, amelyek arról szóltak, hogy a szolnoki repülőtér bezárásra, megszüntetésre kerül, miközben — ha csak a polgári oldalt vesszük — a Magyar Köztársaság területén éppen a Tisza völgye az, amely a leginkább veszélyeztetett.

Ésszerű okokból a segítségnyújtásra képes technikai eszközöket és személyi állományt, erőt ott célszerű koncentrálni, ahol az vészhelyzetben a legnagyobb hatékonysággal alkalmazható.

Az 1998-2001. közötti időszak árvízi tevékenységei közül kiemelkedik a tarpai gátszakadás utáni helyreállítási munkákban való részvétel és gátmegerősítés. A helikopter nagyfokú manőverezési képessége rendkívül jelentősnek bizonyult a fákkal benőtt gátrész megközelítésében.

2000-2001. között Vezensy és Tiszajenő fenyegetettsége miatt, a szántóföldön kellett védművet kialakítani. A talaj felázottsága miatt azonban kizárólag helikopterekkel lehetett megoldani a szükséges anyagok utánpótlását.

A 2006-os évben a Tisza–Zagyva mentén, Csépa körzetében a műút mellett ideiglenesen kialakított depóterületen, teherautók platójáról függesztették fel a terheket a helikopterekre. Egy ilyen csomag tömege 1 tonna. Egyetlen helikopter egy fordulóval 4 tonna terhet képes szállítani.

A Kőrös mentén a gát koronájának megcsúszása után a helikopterek az első pillanattól kezdve részt vettek a védmű kiépítésében. Ugyanitt a homokzsákok könnyebb továbbítása érdekében szállítószalagokat alkalmaztak, melyeket szintén helikopterrel juttattak a helyszínre.

A fenti felsorolásból látható, hogy 1998-tól, a 2005-ös év kivételével, minden évben árvízvédelmi feladatokat kellett ellátniuk a helikoptereknek.

2006-ban 16 nap alatt 752 repült óra gyűlt össze csak az árvízvédelmi feladatok ellátásából.

Egy mondás szerint a háborúra a békében kell készülni. Így van ez a katasztrófa védelemben is.

A természeti, környezeti katasztrófák megelőzésének, elhárításának illetve a segítségnyújtásnak minden lehetséges módját ki kell dolgozni.

Bármennyire is úgy tűnik, hogy az ezekre fordított összeg kidobott pénz, az anyagi feltételeket, technikai eszközöket biztosítani kell, hogy veszély, katasztrófa esetén ne érjen bennünket sem anyagi, sem személyi kár.

A Honvédség és ezen belül a 86. Szolnok Helikopter Ezred személyi és technikai állománya felkészült és képes a szükség esetén részére meghatározott humanitárius, katasztrófa elhárítási és védekezési munkákat végrehajtani.

Az anyagi és személyi mentési feladatok végzésére a magas szakmai kiképzettséggel, felelősségtudattal rendelkező katonák — az eddigiekhez hasonlóan — az alaprendeltetésen túl képesek eredményesen részt venni a civil lakosság biztonságának megóvásában.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Ambrus József – Herendi Dezső – Németh Sándor – Obert Ferenc – Orovecz István - Dr. Patyi Sándor – Seemann László – Dr. Szakál Béla: Országvédelem, Polgári Védelem, Katasztrófa elhárítás, BMGE Mérnöktovábbképző Intézet, Budapest, 2000.
- [2] A Magyar Honvédség Összhaderőnemi Doktrinája, Hadművelési és Kiképzési Csoportfőnökség kiadványa, 2004.
- [3] 23/2005 (06. 16.) HM rendelet a honvédelmi ágazat katasztrófák elleni védekezésének irányításáról és feladatairól.

Dr. Krajnc Zoltán–dr. Berkovics Gábor–Sápi Lajos

A NATO STRATÉGIAI KONCEPCIÓJA, MINT A MAGYAR LÉGIERŐ JÖVŐBENI KÉPESSÉGEINEK, DOKTRÍNÁJÁNAK ALAPDOKUMENTUMA

A légierő fejlesztése, és doktrinális irodalmának kidolgozása jelenleg is aktuális feladat, aminek egyik kiindulópontját a NATO Stratégiai Konceptiója képezi. A Konceptió egyfajta „*zsinórmértékként*” kell, hogy szolgáljon minden tagállam számára, hiszen egyféle jövőképet (víziót) nyújt a Szövetség stratégiai környezetéről, és ennek megfelelően leírja, hogy milyen katonai képességekkel tudhat a szervezet e kihívásoknak megfelelni.

Cikkünkben áttekintjük a Konceptió főbb tartalmi elemeit, és átgondoljuk a Konceptiónak a légierőre való hatását.

A NATO STRATÉGIAI KONCEPCIÓJA

Az Euró-atlanti Tanács 1999. április 23-24-i washingtoni ülésén elfogadott, „**A Szövetség Stratégiai Konceptiója**” című okmány a szövetség ötvenéves története során alkotott meghatározó jelentőségű dokumentumainak sorába illeszkedik. Ezek közül a legjelentősebb okmány egyértelműen a Washingtoni Szerződés, amely a NATO-nak fundamentumát jelenti megalakulásától napjainkig, meghatározva a szövetség célját és feladatait.

Az előző koncepciót 1991-ben, a római NATO-csúcstalálkozó során fogadták el a tagállamok vezető politikusai. A koncepció választ ad a szövetség stratégiai környezetében történt drámai változásokra, az egykori ellenség, a Varsói Szerződés megszűnése következtében kialakult helyzetre. A római dokumentum a NATO működésének a fő hangsúlyát továbbra is a kollektív védelmi képességek fenntartására, a tagállamok közötti széleskörű együttműködésre, valamint a „*keleti-blokk*” országaival való párbeszédre és partneri viszonyra helyezte.

Nem elhanyagolható körülmény, hogy 1991 óta továbbra is alapvető változások következtek be a NATO érdekeltségi övezetében:

- felbomlott a Szovjetunió, és az egykori Jugoszlávia területén válságok egész sorozata robbant ki, és zajlik napjainkban is;
- Oroszországgal és Ukrajnával, mint az európai biztonság meghatározó tényezőivel, a szövetség stratégiai partnerségre lépett;

- a „Partnerség a békéért” program meghatározó eredményeket hozott,
- és végül, de nem utolsó sorban három volt szocialista ország belépett a NATO szervezetébe.

Ezen okok miatt a szövetségnek egy új stratégiai koncepciót kellett készíteni, amely eligazodást jelent az ún. „NATO-területen kívüli” (*out of area*), de a tagállamok biztonságát közvetlenül fenyegető válságok kezelésére is.

A **Bevezetőben** a dokumentum összegzi a szövetség hidegháborús időszakban folytatott tevékenységét. A párbeszéd és a védelem megfelelő ötvözésével a NATO sikeresen biztosította tagállamainak a békét és megakadályozta a háborút Európában. A hidegháborús érárt követően a magasabb fokon integrált Európát új típusú, más jellegű kihívást jelentő biztonsági kockázatok fenyegetik. A szövetségnek továbbra is fenn kell tartania a kollektív védelmi képességeket, és erősítenie kell a transz-atlanti kapcsolatot, mert csak így képes megfelelni az új követelményeknek.

„Az új Stratégiai Koncepció útmutatást ad a szövetségnek feladatai elvégzésére. Kifejezi a NATO hosszú távú céljait, jellegét és alapvető biztonsági feladatait, megállapítja az új biztonsági környezet fő jellemzőit, kijelöli a biztonság átfogó megközelítésének elemeit, valamint irányelveket ad a Szövetség fegyveres erőinek további átalakításához.”¹

Az I. részben **A szövetség célja és feladatai** kerültek megfogalmazásra. Az okmány megállapítja, hogy a NATO alapvető stratégiai céljai nem változtak az továbbra is a tagállamok szabadságának és biztonságának őrzése politikai és katonai eszközökkel. Kinyilvánítják, hogy a szövetség továbbra is megtestesíti a transz-atlanti kapcsolatot, amivel Észak-Amerika biztonsága tartósan kötődik Európa biztonságához. A NATO működésének alapját a szuverén államok közös erőfeszítése, kölcsönös együttműködése, a szövetségi szolidaritás és összetartás jelenti. A szövetség garantálja, hogy egyetlen tagállamnak se kelljen egyedül, kizárólag a nemzeti erejére támaszkodva megfelelnie a biztonsági kihívásoknak.

A NATO elkötelezte magát a partneri kapcsolatokra és párbeszédre azokkal az országokkal, amelyek a főbb politikai célkitűzéseivel szolidárisak. Az Egyesült Nemzetek Szervezetének alapokmányával összhangban a szövetség az alábbi alapvető biztonsági feladatokat valósítja meg:

- **Biztonság:** a demokratikus intézményrendszer fejlődésével a viták békés, tárgyalásos megoldásával olyan biztonsági környezet létrehozása, amelyben egyetlen ország sem képes erővel, vagy erővel való fenyegetéssel elérni a politikai céljait.
- **Konzultáció:** a Washingtoni Szerződés 4. cikkelye alapján a szervezet konzultációs fórumot nyújt a tagállamok létfontosságú érdekeit és biztonságát érintő kérdésekben.

¹ NATO-tükör - Dokumentáció 1999. Nyár, D7. old.,

- **Elrettentés és védelem:** a Washingtoni szerződés 5. és 6. cikkelye alapján a NATO kétségessé teszi bármely fenyegetés létjogosultságát, annak céljait illetően és megvédi tagjait minden fegyveres agresszióval szemben.

1. táblázat **A Szövetség stratégiai koncepciójának a struktúrája**

I. RÉSZ A SZÖVETSÉG CÉLJA ÉS FELADATAI				
Biztonság	Konzultáció	Elrettentés	Védelem	
II. RÉSZ STRATÉGIAI KILÁTÁSOK				
Gyorsan változó biztonsági környezet	Az ENSZ, EBESZ, EU, NYEU szerepe a térség biztonságában	Kiemelt partnerség: - Oroszország, - Ukrajna, - Mediterrán Párbeszéd	Európai biztonsági és védelmi azonosságtudat (ESDI) fejlesztése, fejlődése	A nukleáris és ABV fegyverzetek és technológiákból fakadó kockázatok
III. RÉSZ A BIZTONSÁG MEGKÖZELÍTÉSE A XXI. SZÁZADBAN				
A biztonság átfogó értelmezése: - gazdasági, - társadalmi, - környezeti, - és katonai összetevők.	A NATO missziója a XXI. században: - a transz-atlanti kapcsolat ápolása, - az elrettentéshez, a kollektív védelemhez és válságkezeléshez elegendő katonai képességek fenntartása, - az „európai biztonsági és védelmi azonosságtudat” (esdi) szövetségen belüli fejlesztése, - a tagjelöltekkel szembeni nyitottság.			
			- a válságkezeléshez szükséges általános képességek folyamatos biztosítása, - a szövetségen kívüli nemzetekkel való párbeszéd és partnerség, - a fegyverzetkorlátozási és leszerelési tárgyalásokon való aktív részvétel.	
IV. RÉSZ IRÁNYELVEK A SZÖVETSÉG HADEREJÉRE				
A NATO fenntartja a perspektivikusan szóba jöhető lehetséges feladatai teljes spektrumának végrehajtását biztosító elégséges katonai képességeket. Az integrált haderő kulcsfontosságú sajátosságai:				
- a közös haderőtervezés, finanszírozás, hadműveleti tervezés és közös összhaderőnemi doktrínák és gyakorlatok, multinacionális katonai szervezetek alkalmazása, - integrált parancsnoki struktúra, - a NATO egységes légvédelmi rendszere (NATINADS), - a NATO-partnerek lehetőség szerinti bevonása ezen eljárásokba, vagy ehhez hasonló metodikák kifejlesztésének a segítése.		- a szerepek és felelőségek arányossága, - az erők szükség szerint állomásoztatása és bevetése az anyaországon kívül, - a válságkezelési eljárások (tervezés, kiképzés, logisztika) szabványosítása, - széleskörű együttműködés a fegyverzet, a logisztika és az infrastruktúra fejlesztése területén.		
RÉSZLETES LEBONTÁSBAN A KATONAI KÖVETELMÉNYEK:				
- a katonai erőknek a legalacsonyabb szinten, a szükséges szintű lépcsőzött készületi fokozatban tartása, - az erők békeidejű diszlokációja tegye lehetővé a szükség szerinti gyors átcsoportosítást, - a parancsnokságok biztosítsák a feladatok teljes spektrumát átfogó műveletek tervezését, vezetését és irányítását, többnemzetiségű,		- fontos a szövetség területének perifériáin és az estleges területen kívüli műveletekhez megfelelő erő struktúra kialakítási képességének a biztosítása, - kiemelt terület a lakosság, a tagországok területének, a fegyveres erőknek az ABV-fegyverek, valamint a katonai infrastruktúra terroristák elleni védelme.		

<p>összhaderőnemi tábori vezetési pontokról, főleg CJTF-parancsnokságokról legyenek képesek az 5. és a nem 5. cikkely szerinti-, illetve a NYEU politikai ellenőrzésével és stratégiai irányításával, valamint a NATO vezetése alatt, akár a partner országok részvételével folytatott katonai műveleteket,</p> <p>- békeidőben a szövetség minimális szintű gyorsreagáló-képességekkel bíró erőket tartson készenlétben, azonban készen kell lennie utánpótlással, mozgósítással, újraszervezéssel egy nagyobb haderő létrehozására.</p>	<p>- a legszükségesebb katonai képességek:</p> <ul style="list-style-type: none"> - hatékonyság, - mobilitás, szállíthatóság, - az erők és az infrastruktúra magas szintű túlélő képessége, - fenntarthatóság (logisztika, az erők rotációja), - fejlett technológia, információs fölény, - sokoldalúan képzett humán erőforrás, - a vezetés, irányítás, híradás és felderítés integrációja
<p>V. RÉSZ VÉGKÖVETKEZTETÉSEK</p>	

A szövetség felvállalja a Washingtoni Szerződés 7. cikkelye alapján, a válságkezelő műveletekben való részvételt. Az I. részben a NATO kinyilvánítja, hogy nem tekint egyetlen országot sem az ellenségének és támogatja a békés, baráti kapcsolatokat valamint a demokratikus intézményeket.

A II. rész a **Stratégiai kilátásokkal** foglalkozik. Megállapítja, hogy a szövetség folyton változó biztonsági környezetben működik, amelyben az utóbbi évek történései javarészt pozitívak voltak, de még mindig maradtak bizonytalanságok és veszélyek, amelyek válságokhoz vezethetnek. A dokumentum kiemeli és hangsúlyozza a NATO szerepét az euro-atlanti térség biztonságának garantálásában, a politikai és katonai partnerség térnyerését, együttműködését más országokkal - így Oroszországgal, Ukrajnával és a „*Mediterrán Párbeszéd*” országai-val. A szövetség folyamatosan fejlesztette a térség stabilitásának megerősítéséhez szükséges képességeit, amelynek keretében kialakította a CJTF²-konceptiót.

A koncepció nevesíti az euro-atlanti térség biztonságában szerepet játszó nemzetközi szervezeteket, (ENSZ, EBESZ, EU, NYEU) kiemeli, hogy az ENSZ Biztonsági Tanácsa az elsődleges felelősség a nemzetközi biztonság megtartásáért, ezért kiemelt jelentőséggel bír a térség biztonsági architektúrájában. Az EBESZ-szel, mint a legkiterjedtebb európai biztonsági szervezettel, a NATO a délszláv válság idején szoros, gyakorlati együttműködést valósított meg. Kihangsúlyozza, hogy az Európai Unió is fontos lépéseket tesz az európai biztonság érdekében, külön kiemeli a közös kül- és biztonságpolitika fejlődését, amely összeegyeztethető a Washingtoni Szerződés szellemének megfelelő közös politikával is. A NATO támogatja a Nyugat Európai Unió által tervezett tevékenységeket azáltal, hogy igény és lehetőség szerint biztosítja erőforrásainak felhasználását. A kialakulóban lévő „*európai biztonsági és védelmi azonosságtudat*”³ (ESDI) fejlesztését a szövetség támogatja. A dokumentum kitér a fegyverzetkor-

² Combined Joint Task Forces – Többnemzetiségű Összhaderőnemi Alkalmi Harci Kötelék.

³ ESDI – European Security and Defence Identity.

látozási és nonprofilációs egyezmények jelentőségére az európai biztonság szavatolásában, majd leszögezi, hogy a fegyverzetek alacsonyabb szintje, az átláthatóság és kiszámíthatóság elősegíti a NATO stratégiai céljainak elérését.

Ez a rész tárgyalja a szövetséget érintő biztonsági kihívásokat és kockázatokat. Az értékelés szerint a stratégiai környezetben bekövetkezett pozitív fejlemények eredményeként a tagállamokat fenyegető nagyméretű agresszió valószínűsége rendkívül alacsony. Ennek ellenére, hosszabb időszakra kivetítve az ilyen fenyegetés veszélye nem zárható ki. A dokumentum katonai és nem katonai jellegű kockázatokat kategorizál, amelyek nehezen megjósolhatóak. Ezen veszélyek okozta instabilitás kialakulhat az euro-atlanti térségen belül és azon kívül is. Regionális válságok generálódhatnak a — nagy valószínűséggel — szövetség peremén a komoly gazdasági, társadalmi és politikai feszültségek, etnikai- és vallási nézeteltérések, területi viták, emberi jogok megsértése, valamint sikertelen reformkísérletekben való nagymérvű csalódottság miatt.

Külön tárgyalja ez a rész a nukleáris és ABV fegyverek illetve technológiák elterjedéséből, kereskedelméből eredő kockázatokat, valamint felhívja a figyelmet az információszolgáltatásból való függőségben rejlő veszélyekre is. A szövetség számol a globális biztonsági veszélyekkel, úgymint terrorizmus, szabotázs, szervezett bűnözés, kulcsfontosságú erőforrásokhoz való hozzáférés akadályozása, jelentős migráció. Az okmány szerint az ilyen jellegű veszélyek realitása esetén a Washingtoni Szerződés 4. cikkelye értelmében széleskörű konzultációt és koordinációt kell megvalósítani a szövetségen belül és a partneri kapcsolatban lévő országokkal, illetve szervezetekkel.

A III. rész **A biztonság megközelítése a XXI. században** címet viseli. A NATO szervezete a biztonságot átfogó módon értelmezi, elismeri a katonai összetevőn kívül a gazdasági, társadalmi és környezeti tényezőket is. A szövetség kollektív célkitűzése egy olyan európai biztonsági struktúra kiépítése, amelyben a NATO és a rendszer többi elemének erőfeszítései kölcsönösen kiegészítik, sőt erősítik egymást. Továbbra is fontosnak tartják a transz-atlanti kapcsolat fenntartását, és a jövő századra is prognosztizálják Észak-Amerika valamint Európa biztonságának a korrelációját.

A 26. pont fejezi ki lehangsúlyozottabban a szövetség XXI. szd-i misszióját, amely szerint a NATO a jövő évezredben is az euro-atlanti térség biztonságára törekszik, amit a következő eszközökkel kíván elérni:

- a transz-atlanti kapcsolat ápolása;
- az elrettentéshez, a kollektív védelemhez- és a lehetséges feladatai teljes spektrumához elegendő katonai képességek fenntartása;
- az „*európai biztonsági és védelmi azonosságtudat*” (ESDI) szövetségen belüli fejlesztése;
- a válságkezeléshez szükséges általános képességek folyamatos biztosítása;
- a tagjelöltekkel szembeni nyitottság;

- a szövetségen kívüli nemzetekkel való párbeszéd és partnerség;
- a fegyverzetkorlátozási és leszerelési tárgyalásokon való aktív részvétel.

A dokumentum több helyen is síkra száll — a közös értékek és érdekek platformján — Európa és Észak-Amerika biztonságának oszthatatlansága mellett, ezért a szövetség hitelessége egyik alappillérenek tekintti a „*transz-atlanti gondolat*” további gyakorlati megvalósítását. A Varsói Szerződés megszűnése után az igényeknek megfelelő katonai képességek kialakítása, a képesség-orientált haderőfejlesztés váltotta fel a fenyegetettségen alapuló hadsereg-fejlesztési gyakorlatot. A koncepció szerint ez a trend az elkövetkező időkben is uralkodó lesz. A biztonsági kockázatoknak megfelelő „*elégleges*” képességek kialakítása illetve fenntartása gyakorlatilag folyamatos átalakítást és csökkentést jelent a szervezet fegyveres erőiben. A szükséges képességek továbbra is a Washingtoni Szerződés 5. cikkelyének, valamint az ún. nem az 5. cikkely alapján lefolytatott műveletek aktuális követelményeiből vezethetők le.

A koncepció kihangsúlyozza, hogy mind a kollektív védelem (5. cikkely), mind a válságkezelés (7. cikkely) egyazon struktúrával és eljárásrendszerrel valósítható meg. A NATO az 1994-ben tartott brüsszeli csúcsertekezletén nyilvánította, hogy „*eseti alapon, saját eljárás módja szerint kész békefenntartó és más műveleteket támogatni az ENSZ Biztonsági Tanácsa felhatalmazásával, vagy az EBESZ vezetésével, és ehhez felajánlja a Szövetség erőit és tapasztalatait.*” Mivel a stratégiai környezet átfogó értékelése (II. rész) szerint, a közeljövőben átfogó, hagyományos agresszió a szövetséget nem fenyegeti, ezért gyakorlatilag válságok megelőzése és kezelése lesz a szövetség fő missziója az elkövetkező időszakban. A hatékony válságkezeléssel a NATO hozzájárul eredeti küldetésének a betöltéséhez, az euro-atlanti térség biztonságának szavatolásához.

A szövetség Euro-atlanti Partnerségi Tanács működtetésének a platformján széleskörű együttműködést és párbeszédet kíván folytatni a térség demokratikus országaival abból a célból, hogy megszűnjenek (csökkenjenek) az instabilitás és konfliktus kialakulásának motívumai, a megosztottság és az országok közötti ellentétek. A NATO a jövő században is fent kívánja tartani és fejleszteni a „*Partnerség a békéért*”⁴ programot, amely egyértelműen hozzájárul a stabilitás erősödéséhez és jól szolgálja a tagságra való felkészülést.

A PfP jó lehetőséget teremt a részt vevő országoknak:

- a fegyveres erők fölötti civil ellenőrzés javításához;
- a védelmi költségvetések, tervezés átláthatóságával a bizalom és biztonságérzet erősödéséhez;
- a katasztrófa- és egyéb vészhelyzetekre való hatékony felkészüléshez;
- az interoperabilitási képességek fejlesztéséhez;
- a szövetség kötelezettséget vállalt, hogy konzultációs fórumot nyújt a Pfp

⁴ Partnership for peace – PfP.

résztevőknek, amennyiben azok területi integritását, biztonságát veszély fenyegeti.

A NATO három kiemelt jelentőségű partnert: Oroszországot, Ukrajnát és a Mediterrán Párbeszéd országait emeli ki a stratégiai koncepcióban. A „*NATO-Oroszország Alapító Okirat*”-ban a felek elkötelezték magukat, hogy a térség biztonságának és békéjének megőrzésében aktív partneri szerepet vállalnak. A koncepció leszögezi, hogy Oroszország és a NATO közötti partnerség nélkül nem képzelhető el az euro-atlanti régió tartós stabilitása.

A „*NATO- Ukrajna Charta*” hangsúlyozza, hogy Ukrajna fontos és speciális szerepet játszik Európa biztonságában, ezért lényeges, hogy a szövetség kiemelt partnerként kezelje.

A NATO szerint a Mediterráneum és Európa biztonsága között szoros az összefüggés. A „*Mediterrán Párbeszéd*” keretét nyújt a régióban zajló folyamatok átláthatóságának javításához és a párbeszédhez.

A szövetség a Washingtoni Szerződés 10. cikkelye alapján nyitott marad a szervezet bővítésére és megvizsgálja minden olyan demokratikus állam meghívásának a lehetőségét, amely elősegítené a NATO célkitűzéseinek a megvalósítását. A dokumentum azonban kihangsúlyozza, hogy csak olyan országok válhatnak taggá, amelyek hajlandók és képesek a tagsággal járó felelősséget vállalni.

A IV. rész az **Irányelvek a szövetség haderejére** címet kapta.

Az irányelvekben rögzítették, hogy a NATO fenntartja a perspektivikusan szóba jöhető lehetséges feladatai teljes spektrumának végrehajtását biztosító elégséges katonai képességeket. A koncepció több részében visszatérően meghatározzák ezen feladatok teljes skáláját, amely döntően két fő tevékenységcsoport köré rendezhető: az 5. cikkely és az 5. cikkely hatálya alá nem tartozó tevékenységek.

Az integrált haderő kulcsfontosságú sajátosságaihoz tartoznak:

- közös haderőtervezés, finanszírozás, és hadművelleti tervezés;
- multinacionális katonai szervezetek alkalmazása;
- integrált parancsnoki struktúra;
- NATO integrált légvédelmi rendszere⁵;
- a szerepek és felelősségek arányossága;
- az erők szükség szerinti állomásoztatása és bevetése az anyaországon kívül;
- válságkezelési eljárások (tervezés, kiképzés, logisztika) szabványosítása;
- közös összhaderőnemi doktrínák és gyakorlatok;
- széleskörű együttműködés a fegyverzet, a logisztika és az infrastruktúra fejlesztése területén;
- NATO-partnerek lehetőség szerinti bevonása ezen eljárásokba, vagy ehhez hasonló metodikák kifejlesztésének a segítése.

A koncepció lényeges eleme, hogy a szövetség továbbra is fenntartja Európában a

⁵ NATO Integrated Air Defence System – NATINADS.

hagyományos és nukleáris erők⁶ megfelelő arányát, mert így a nukleáris fegyverekkel a szövetség elleni agresszió kockázata a támadó számára kiszámíthatatlan és felvállalhatatlan lesz, ezáltal valósul meg hitelesen az elrettentő szerepkör.

A szövetség haderejét úgy kell kialakítani, hogy interoperábilisak legyenek, rendelkezzenek doktrínával és a szükséges technológiával, megfelelő készenléti szinten tarthatók legyenek, képességekkel bírjanak multinacionális, NATO- és a partnerországokkal közösen lefolytatott műveletek széles skálájának a végrehajtására.

Ez részleteiben a következőket jelenti:

- A katonai erőket a differenciáltan jelentkező feladatoknak megfelelő legalacsonyabb szinten, a szükséges szintű lépcsőzött készenléti fokozatban kell tartani.
- Az erők békeidejű diszlokációja tegye lehetővé a szükség szerinti gyors átcsoportosítást, demonstrálja a szövetség eltökéltségét a régió biztonságáért.
- A parancsnokságok tegyék lehetővé a feladatok teljes spektrumát átfogó műveletek tervezését, vezetését és irányítását. Többnemzetiségű, összhaderőnemi tábori vezetési pontokról, főleg CJTF-parancsnokságokról legyenek képesek az 5. és a nem 5. cikkely szerinti, illetve a NYEU politikai ellenőrzésével és stratégiai irányításával, valamint a NATO vezetése alatt, akár a partner országok részvételével folytatott katonai műveleteket.
- Békeidőben a szövetség minimális szintű gyors reagáló képességekkel bíró erőket tartson készenlétben, azonban készen kell lennie utánpótlással, mozgósítással, újraszervezéssel egy nagyobb haderő létrehozására, amennyiben a biztonsági környezet jelentősen megváltozik.
- Különösen fontos a szövetség területének perifériáin és az esetleges területen kívüli műveletekhez megfelelő erőstruktúra kialakítási képességének a biztosítása.
- Fontosnak tartják a lakosság, a tagországok területe, a fegyveres erők ABV-fegyverek, valamint a katonai infrastruktúra terroristák elleni védelmét.

A dokumentum felsorolja a feladatok sikeres végrehajtásához legszükségesebb katonai képességeket: hatékonyság, mobilitás, szállíthatóság, az erők és az infrastruktúra magas szintű túlélő képessége, fenntarthatóság (logisztika, az erők rotációja), fejlett technológia, információs fölény, sokoldalúan képzett humán erőforrás, valamint a vezetés, irányítás, híradás és felderítés integrációjának a jelentősége.

A **Végkövetkeztetések** – című V. részben a stratégiai koncepció meghatározza, hogy a NATO-nak „*a hatodik évtizedébe lépve készen kell állnia arra, hogy az új évszázad kihívásaival és lehetőségeivel szembenézzen*”. A koncepció irányítúként fog szolgálni az elkövetkező időszakban a szövetség biztonság- és védelempolitikájában, a hadműveleti elgondolásokban, a hagyományos és nukleáris erők összetételének kialakításában. A stratégiai koncepció elfogadásával a szövetségnek az volt a

⁶ Az Egyesült Államok és a Nagy-Britannia, valamint Franciaország önálló nukleáris ereje valósítja meg ezt a funkciót.

célja, hogy felkészüljön a jövő század kihívásaira és új lehetőségeire, a megfogalmazott funkcióknak, feladatoknak való megfeleléssel alkalmazkodjon a megváltozott stratégiai (biztonsági) környezethez és továbbra is garantálja a tagállamok biztonságát. A dokumentum síkra száll amellett, hogy a „*Szövetség továbbra is megragad minden alkalmat arra, hogy hozzájáruljon egy osztatlan kontinens kiépítéséhez és alakítsa az egységes és szabad Európa arculatát.*”⁷

A koncepció hatása a légierő fejlesztési követelményeire, doktrínájára

A Stratégiai Koncepció főképp a tagállamok kül- és biztonságpolitikájának a kereteit adja meg, illetve azok önálló politikája által valósul meg, azonban **közvetve determinálja** a biztonsági architektúra alacsonyabb szintjén elhelyezkedő fegyveres erőket, így a **magyar légierőt** is.

Az egyes nemzetek fegyveres erőire vonatkozatható legfontosabb következtetéseket elsősorban a koncepciónak a szövetség **feladatrendszerét, a haderő irányelveit**, valamint a feladatok sikeres végrehajtását biztosító **katonai képességeket** leíró részeiből következnek. Fontos leszögezni hogy, „*a szerepek és felelősségek egyensúlya*”⁸ elvének gyakorlati megvalósítása szerint, hazánkra és így a magyar légerőre is csak a Magyar Köztársaságnak a szövetségben betöltött szerepének megfelelő feladatok és felelősségek (követelmények) hárulnak.

A koncepcióból levezetett követelmények a légierő doktrínára csak indirekt módon hatnak, egyfajta jövőképet festenek a szövetség perspektivikus védelmi, válságkezelő és békeműveleteinek stratégiai környezetéről valamint a végrehajtásokat biztosító, megkövetelt katonai képességekről. **Reálisan nézve a légi-erőnk csak hosszabb idő után fog feltétel nélkül megfelelni a koncepcióból levezethető követelményeknek.**

Elemelve a koncepcióban a szövetség huszonegyedik századi missziójára meghatározottakat megállapítható, hogy a magyar légierő hadművelési alkalmazását vizsgáló hadtudományi kutatómunkát — így a légierő doktrínát is — a jövőben a dokumentum következő megfogalmazása fogja determinálni. „*A Szövetség a béke megőrzése és az euro-atlanti biztonság és stabilitás megerősítésére törekszik az elrettentéshez, a védelemhez és a feladatai teljes körének teljesítéséhez elegendő, hatékony katonai képességek fenntartásával.*”

A NATO működésének egyik alapelve, hogy egyetlen szövetségesnek se kelljen egyedül a saját nemzeti erejére támaszkodnia az alapvető biztonsági kihívások kezelésében. Emellett azonban az **elrettentéshez, a kollektív védelemhez**, valamint a

⁷ A Szövetség stratégiai koncepciója (65. pont), In: NATO-tükör - Dokumentáció 1999. Nyár, D13. o.

⁸ A Szövetség Stratégiai Koncepciója, (43. pont) In: NATO-tükör - Dokumentáció 1999. Nyár, D7. o.

teljes spektrumú feladatok végrehajtásához megfelelő katonai képességek fenn-tartásában minden tagállamnak részt kell vennie! Természetesen ezek a katonai képességek integráltan jelennek meg, az egyes nemzetek szerepének és felelősségé- nek megfelelő súlyozással. A magyar képességek — ez különösen igaz a légi hadvi- selési képességekre — pillanatnyilag erősen korlátozottak, azonban az előttünk álló haderőfejlesztési program fokozatos megvalósításával várhatóan a mi képességeink is fokozottabb mértékben integrálódhatnak a „közös, szövetséges képességekbe”. Fontos leszögezni, hogy a „képességek” nem csak a fegyverrendszerek, a haditech- nika lehetőségeiből vezethetők le, hanem jelentős részét képezi az ún. „szellemi” oldal is, amely a humánerőforrás általános tulajdonságaival, a felkészültséggel, a szervezeti struktúrával, stb. jellemezhető. Tehát ha a személyi állomány mind job- ban elsajátítja a NATO-elveket, ha egyre többen lesznek képesek megfelelő szinten angolul kommunikálni, továbbá ha a szövetségben honos módszereket és eljárásokat alkalmazzuk a NATO-ban bevált szervezeti struktúrákban működve, akkor ezáltal is jelentős mértékben növekednek a magyar haderő képességei.

Az előzőek logikáját követve, a mindenkor hatályos **magyar légierő doktri- nának kell a szellemi bázisát jelentenie a személyi állomány felkészülésének a szövetség lehetséges feladatainak a teljes skálájára.**



1. ábra. A stratégiai koncepció hatása a magyar légierő doktrínájára

A koncepció egyik legfontosabb része, az **irányelvek a szövetség haderejére** című rész tartalmazza az integrált haderő kulcsfontosságú jellemzőit és sajátos- ságait. A fejezet általános érvényű kereteket nyújt a fegyveres erők szervezésére,

a kialakítandó főbb képességeire, valamint az alkalmazás és felkészítés legfontosabb kérdéseire. „A Szövetség katonai erőinek nagysága, készenléti foka, alkalmazásának lehetősége és elhelyezkedése tükrözze a kollektív védelem és az alkalmanként rövid felkészülési idejű, hazai állomáshelytől távoli, és a szövetségi területen kívüli válságkezelő műveletek végrehajtása iránti elkötelezettségét ... A Szövetség katonai erői és képességei tegyék lehetővé bármely tagállamot fenyegető agresszió visszatartását, támadás esetén a szükséges válaszlépések megtételét. A katonai erők legyenek interoperábilisak, rendelkezzenek a szükséges doktrínával és technológiával. Az erőket az előírt készenléti szinten, alkalmazásra készen kell tartani, hogy képesek legyenek összetett, többnemzetiségű – partnerek és egyéb nem NATO-tagállamok részvételével folyó, összhaderőnemi műveletek széles skálájának sikeres végrehajtására.”⁹

A felsorolt „kulcsfontosságú” jellemzők egy része¹⁰ csak közvetve hat a magyar légierő hadművelet-elméletére, beleértve a hadműveleti- és harcászati doktrínákat is.

A nemzeti doktrínák szintjén azonban feltétlenül meg kell jelennie az egységes, (NATO-kompatibilis) hadműveleti tervezési elveknek és módszereknek. A légierő sikeres integrált alkalmazásának alapvető feltétele, hogy a légi műveletek (bevetések), a légtérmenedzsment, a feladatszabások és jelentések rendszere egységes elveken alapuljanak, amelyet a doktrína szabványosít és a NATO „Szövetséges Légi Irányítási és Vezetési Rendszere” (ACCS¹¹) integrál egyetlen, közös tevékenységbe. Ez különösen igaz a multinacionális és az összhaderőnemi kötelek tervezési folyamatára, ezért lényegesnek tartjuk, hogy a **műveletek előkészítési folyamatának** (tervezési szakasz) **fő kérdéseit is tisztázzák a hadműveleti szintű doktrínában**, hiszen a légierő tiszti állománya ebből az alapvető okmányból képes csak hitelesen felkészülni a légierő lehetséges feladatait átfogó nemzeti és szövetséges műveletek megfelelő előkészítésére.

A NATO a megalakulásától kezdve mindig kiemelten kezelte a tagállamai területének a légvédelmét a potenciális légi fenyegetettséggel szemben, ezért hozták létre a szövetség integrált légvédelmi rendszerét, a NATINADS-ot. A rendszer a nemzeti légvédelmi képességeket integrálja, folyamatos fejlesztés alatt áll és folyamataiban jól tetten érhető az egyre erősödő multinacionális jelleg. A délszláv háborúk és válságok bebizonyították, hogy a szövetség egyik legfontosabb perspektivikus misszióját jelentő válságkezelő és különböző békeműveletek sokszor nagyobb erőfeszítéseket igényelhetnek, mint a totális fegyveres konfliktusok, ezért erre a feladatra is alaposan fel kell készülniük a nemzeteknek, így a

⁹ A Szövetség stratégiai koncepciója (52. pont), In.: NATO-tükör - Dokumentáció 1999. Nyár, D11. old.,

¹⁰ közös haderőtervezés, finanszírozás, a tagállamok szerepének és felelősségének arányossága, széleskörű együttműködés a fegyverzet, a logisztika és az infrastruktúra fejlesztése területén, a NATO integrált parancsnoki struktúrájában való működés, a partnerek lehetőség szerinti bevonása a NATO által alkalmazott eljárásokba, ahhoz hasonló metodikák kifejlesztésének a segítése.

¹¹ Air Command and Control System.

magyar légierő doktrínális irodalmába is **célszerű a békeműveleteknek, a válságkezelésnek a szövetségben elfogadott elveit és módszereit belefoglalni.** A NATO-kötelékekben folytatott békeműveletekben való aktív részvétel alapfeltételének tekinthető a válságkezelő-képességek kialakításának és fenntartásának a kérdésköre, ezért e képességeknek a megteremtése kiemelt elméleti és gyakorlati feladatot képez a légierővel foglalkozó szakemberek számára.

A stratégiai koncepció „*az integrált haderő kulcsfontosságú jellemzőit*” tovább bontja, megjeleníti részletesen a szövetség fegyveres erőivel szemben támasztott követelményrendszert is. Ezek a követelmények a politika szintjén fogalmazódtak meg. Egy részük a nemzeti légierő doktrínáktól magasabb szintű szabályozóknak, fejlesztési terveknek adhatnak kiindulási alapot. Azonban néhány ún. részletes követelményt, ha csak távlatilag is valósítható meg teljes mértékben, célszerű a magyar légierő doktrínákba is bedolgozni. E követelményeknek kell jelentenie az elkövetkező időszak hadtudományi kutatásainak az alapját, amennyiben a NATO hiteles és egyenjogú tagjai akarunk lenni hosszabb távon.

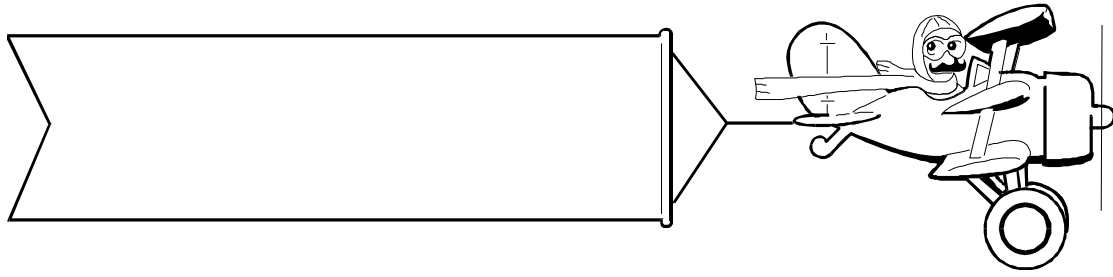
Ilyen követelmény, hogy a teljes magyar haderőnek át kell vennie a szövetségben szabványosított készenléti, készségi rendszert, a csapatok besorolását és készenléti idejét már a NATO-ban alkalmazottaknak megfelelően kell végrehajtani. A koncepció a részletesebben kifejtett katonai követelmények között felsorolja az ún. „*legszükségesebb katonai képességeket*”¹², amelyek mintegy integrálják, szintetizálják az egész fejezetben meghatározott követelményeket, irányelveket. A dokumentum alkotói csak úgy tartják teljesíthetőnek a jövő század kihívásaiból fakadó perspektivikus feladatokat, ha a szövetség fegyveres erői ezeknek a kívánalmaknak megfelelnek.

Az előzőekben röviden ismertetett és vizsgált dokumentummal a közeljövőben valószínűleg sokat fogunk még találkozni biztonságpolitikai és hadtudományi elemzésekben. A koncepciónak a magyar hadtudomány számára - beleértve a folyamatossá váló doktrínafejlesztést is - iránytűként kell szolgálnia, mert csak így tudunk megfelelni az új, a szövetségi tagságunkból fakadó elvárásoknak.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] A Szövetség Stratégiai Koncepciója, In: NATO-tükör - Dokumentáció 1999. Nyár (D7), Brussels, P. Daniel, 1999,
[2] Krajnc Zoltán: A magyar légierő doktrínáját befolyásoló tényezők komplex vizsgálata, PhD-értekezés.

¹² - hatékonyság;
- mobilitás, szállíthatóság;
- az erők- és az infrastruktúra magas szintű túlélőképessége;
- fenntarthatóság (logisztika, az erők rotációja);
- fejlett technológia, információs fölény;
- sokoldalúan képzett humánerőforrás;
- a vezetés, irányítás, híradás és felderítés integrációja.



KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI ROVAT

Rovatvezető: Dr. Rohács József
Rovatszerkesztők: Dr. Szabó László
Kovács József

ÚJ TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA AZ ÜZEMBENTARTÁSBAN

A műszaki üzemeltetés a légi járművek üzemeltetési rendszerében különleges szerepet lát el. Ez az alrendszer hivatott biztosítani a légi járművek megfelelő műszaki színvonalát sajátos, szigorúan szabályozott műszaki tevékenységi rendszerével (ellenőrzések, alkatrészcsere, karbantartások, javítások, utánmunkálások). [1]

A kor korszerű technikai eszközeivel kapcsolatban szinte elkerülhetetlen, hogy szóba kerüljön az „állapot szerinti üzemeltetés”. Akár orosz, akár amerikai, vagy egyéb országokból származó haditechnikai eszközökről beszélünk, a marketing tevékenység során minden esetben kiemelésre kerül az üzemeltetési stratégia. Nincs ez másképpen a Gripen repülőgépek esetében sem.

Már a tervezés fázisában nagy figyelmet szentelnek annak, hogy a lehető legmagasabb megbízhatóság a lehető legalacsonyabb erőforrás felhasználással biztosítható legyen. Mindezt figyelembe véve a repülőgép és alrendszerei úgy kerültek kialakításra, hogy a gyártási tevékenység, az anyagok megválasztása szigorú minőségbiztosítási alapelvek alkalmazása mellett történik. Az üzemeltetés hatékonyságának növelését szolgálja a beépített biztonsági és diagnosztikai eszközök, továbbá a földi támogató rendszerek alkalmazása. Mindezeket figyelembe véve a repülőgépen és a földi támogató rendszerek között is széleskörűen elterjedtek a számítógépek és a korszerű diagnosztikai berendezések.

Az állapot szerinti üzemeltetés természetesen a Gripen esetében is azt jelenti, hogy bizonyos szerkezeti elemek üzemeltetése az adott berendezés meghibásodásáig történik. Például ilyenek klasszikusan az izzók, de a Gripen repülőgépen eltérően az eddig üzemeltetett repülőeszközöktől, a meghibásodásra figyelmeztető jelzőablókban alkalmazott fényforrások működőképessége folyamatosan monitorozásra kerül és meghibásodás esetén hibajelentést készül a feladat végrehajtását követően.

Ezen kívül számos szerkezeti elem esetében a kötött időtartamú, ledolgozott ciklus, vagy üzemidőt követő periodikus ellenőrzés kerül alkalmazásra.

A repülési feladatok végrehajtása során közel 3500 paraméter kerül rögzítésre a repülőgép fedélzeti számítógép rendszerében megtalálható két adatátviteli egység, egy digitális adatrögzítő tömegtáras egység (MMU¹) a tömegtár kazettával, (MMC²), valamint egy fedélzeti baleseti adatrögzítő egység (CSMU³). Ezen infor-

¹ MMU, Mass Memory Unit – Tömegtáras adatrögzítő egység.

² MMC, Mass Memory Cassette – Tömegtáras adatrögzítő kazetta.

mációk statisztikai feldolgozása (rendszerelés, elemzés kiértékelés) biztosítja az alapját az egyes szerkezeti elemek megfelelő megbízhatósági szintjének, valamint jellemző paraméter figyelésén alapuló üzemeltetésnek.

Az üzemeltetési koncepciók evolúciós folyamatában a számítógépes folyamatfelügyelt és kontrolált paraméterfigyelésen alapuló rendszerek töltik be a legelőkelőbb helyet, mely rendszerek a Gripenen széleskörűen alkalmazásra kerültek. A rendszerek kifejlesztése és alkalmazása nagymértékben emeli a bekerülés költségét a repülőeszközöknek, de mindezekért kompenzációt jelentenek az alábbiakban említésre kerülő és részletezett tényezők.

Műszaki technikai tényezők közül az automatikus fedélzeti rendszerek ellenőrző üzemi jellemző, mely segítségével csökkenthető az üzemeltetés élőmunka ráfordítása és növelhető a repülésbiztonság valamint a repülőeszköz működésének pontos és folyamatos nyomon követése.

Segítségével meghatározható a kritikus állapot bekövetkezésének időpontja és oka, segítségével lehetőség nyílik a földi kiszolgáló és támogató eszközök térfogatának és súlyának csökkentésére.

Humán erőforrásra kiható tényezők csökkentik a repülési feladatra történő előkészítés időszükségletét, így a repülőgép jobb kihasználtsági tényezővel rendelkezhet.

A hajózó személyzetet csak abban az esetben kap tájékoztatást a repülőgép rendszereinek állapotáról, ha azt szándékosan kezdeményezi, vagy ha a repülésbiztonságra kihatással bíró meghibásodás következik be;

Az úgynevezett „piros vonalon” csökkenti a magas képzettségű műszaki személyzet szükségletét, mivel a hibaanalízis egy meghatározott algoritmus szerint elvégezhető alacsonyabb képzettségű személy által.

FÖLDI KISZOLGÁLÓ ESZKÖZÖK (GSE⁴), ÉS A TÁMOGATÓ RENDSZEREK

A földi kiszolgáló eszközök úgy kerültek kifejlesztésre, hogy azokat viszonylag kis számú személyzet képes legyen mozgatni, illetve hadműveleti alkalmazás esetén légi úton is könnyen szállíthatóak legyenek.

Kritikus és nagyméretű elem a földi energiaellátó és hűtőlevegő termelő egység. Ennek szállítása közúton vagy vasúton biztosítható. Az alkalmazása azonban kompromisszumosan mellőzhető, hiszen az indító és segédhajtómű nem rendelkezik olyan szűk üzem és ciklusidő paraméterekkel, mint a Mig-29 típusú repülőgép indítóhajtóműve.

³ CSMU, Crash Survivable Memory Unit – Fedélzetei baleseti adatrögzítő egység.

⁴ GSE, Ground Support Equipment – Földi kiszolgáló berendezések.

A műszaki kiszolgálás viszonylag kis számú mérő és ellenőrző berendezést tartalmaz, hiszen a beépített önellenőrző rendszer nagyon sok olyan funkciót átvesz, amelyeket korábban költséges tesztberendezésekkel lehetett végrehajtani. A korábban üzemeltetett típusok esetében számos ellenőrző berendezés hitelesítése, javítása, karbantartása további terheket rótt a rendszerre és jelentős erőforrásokat vont el. Jelenleg is komoly feladatot jelent a Mig-29 típusú repülőgépek kiszolgálási rendszerébe tartozó MOBIL KOMPLEX kocsik javítása, hitelesítése.

A Gripen repülőgép kiszolgálási rendszere az üzemanyag kezelés kivételével mellőzi gépjárműre telepített aggregátokat, folyadék és gázutánpótlást biztosító rendszereket.

Az összes eszköz, ami a repülőgépek repülési zónában történő kiszolgálásához szükségeltetik egy egytengelyes utánfutón került készletezésre. A speciális kenőanyagok feltöltéséhez szükséges eszközöket egy ember képes mozgatni és nem igényelnek elektromos, vagy túlnyomásos energiaforrást a rendszerek feltöltéséhez. A speciális gázok (oxigén, nitrogén) feltöltésére egypalackos rendszerek szolgálnak.

Minden nehezebb rendszerem a kézcicsörlők segítségével mozgatható, még az RM-12-es hajtómű is melynek mozgatásához 3 csörlő elegendő. Ugyanazon csörlők kerülnek felhasználásra a fegyverzet, póttartály függesztéséhez, illetve a hajtómű és segédhajtómű ki beépítéséhez.

A sűrített levegő előállításához egy kompresszor, illetve egy reduktor, töltő egység kerül alkalmazásra.

Az oxigénpalackok feltöltésére pedig egy folyékony oxigénből 300 bar nyomást előállító egység alkalmazható. Itt kiemelném, hogy a repülőgép fedélzeti oxigénigényét az (OBOGS⁵) (On Board Oxygen Generation System) fedélzeti oxigén előállító rendszer biztosítja. Ebből adódóan a szinte minden feladatot követő oxigéntöltés gyakorlata itt megváltozott és csak alkalmanként válik szükségessé a tartalék oxigénpalack töltése.

TÁMOGATÓ RENDSZEREK

A támogató rendszerekhez sorolnám mindazokat a szoftveralapú rendszereket, amelyek a műszaki munkavégzést egyszerűbbé, átláthatóbbá és a folyamatok kézbentartását lényegesen kisebb számú adminisztratív személy segítségével biztosítják.

A támogató rendszerek meghatározó eleme a DIDAS rendszer, mely közvetlenül még nem hozzáférhető a magyar műszaki állomány részére, mivel teljesen svéd nyelven tartalmaz adatokat és a rendszeren keresztül látható a svéd anyagi technikai

⁵ OBOGS, On Board Oxygen Generation System – Fedélzeti oxigén előállító rendszer.

biztosítási rendszer aktuális kondíciója. Minősített információkat tartalmaz, így azokat jelenleg a hazánkban tartózkodó svéd állomány kijelölt tagjai kezelik és biztosítják a szükséges információkat a századszintű üzemeltetési rendszert támogató PRIMUS rendszer részére, ahonnan a ciklusonkénti adatfrissítés alapján kiolvashatók az üzemeltető alakulat napi, heti feladatai repülőgépekre lebontva.

A DIDAS nyomon követi a nem csak a repülőgépre felépített berendezések adatait hanem a földi kiszolgáló eszközök szervizciklusait, hitelesítési időpontjait is. A repülőgépek üzemeltetési ciklusait, az időszakosan illetve a ledolgozott üzemidőt követően végrehajtandó munkákat az üzemeltetést támogató számítógépes rendszerből lehet kinyerni. A hosszabb távú üzemeltetési feladatok a DIDAS rendszer segítségével, a rövidebb távú üzemeltetési feladatok a PRIMUS rendszerből tölthetők le. A DIDAS szervere Arabogában található a terminálok pedig hozzáférhetőek, mind a beszállítói civil ipari háttér technikai biztosítást támogató részlegei számára, mind pedig a Svéd Hadsereg anyagi technikai biztosításában szerepet játszó szervezetek részére. Repülőműszaki területeken a PRIMUS rendszer hozzáférhető az üzemeltető századok szintjén és a repülő- mérnök műszaki vezetés szintjén is. Természetesen mindkét rendszer minősített információkat tartalmaz a technikai eszközök állapotára vonatkozóan, ezért a terminálok elhelyezésére és az operátorok minősítésére, hozzáférési szintek meghatározására szigorú előírások vonatkoznak. A DIDAS, PRIMUS rendszerek nyomon követik a repülőgépre felépített berendezéseket, az azok által ledolgozott üzemidőket, ciklusokat, naptári terminusokat és folyamatosan összehasonlítják azokat az egyes részlemre meghatározott élettartamhatárokkal. Az időszakosan letöltött feladat listában „service package” pedig feltüntetésre kerül, hogy az elkövetkező időszakban milyen karbantartó tevékenységet kell végrehajtani. A rendszer automatikusan nem figyelmeztet, minden egyes repülőgépre időszakosan le kell tölteni a „szervizcsomagot”, melynek letöltése az üzemeltető század feladata.

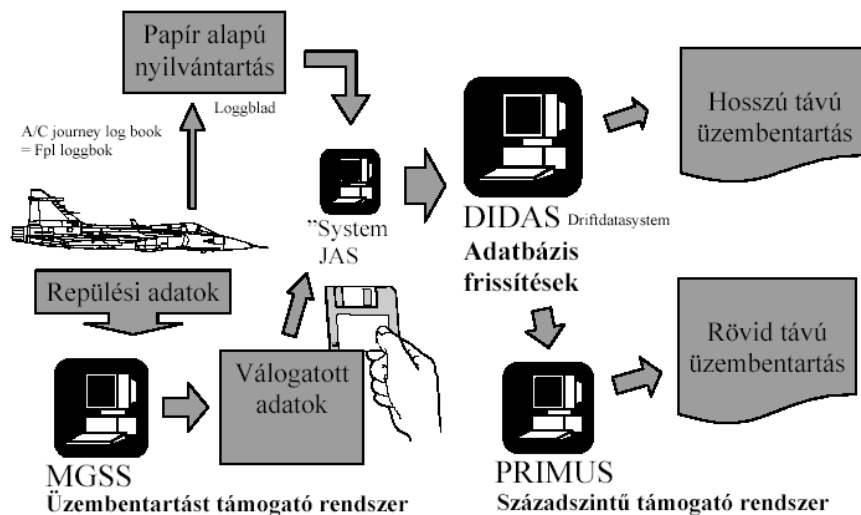
A számítógépes támogató rendszer által szolgáltatott információ megtalálható a típus üzemeltetési dokumentációjának részlemét képező elektronikus formátumú Repülőgép Üzemeltetési Tervében (AMP⁶). Támogató rendszerekhez sorolható még a kiadványok, műszaki leírások, szakutasítások, dokumentációk összessége, melyek digitalizált formában is elérhetők (Digital Maintenance Plan).

A Gripenek elektromos rajzalbuma (ELDIS⁷), szintén nemcsak a megszokott dokumentum formában, hanem elektronikus úton is használható, melyben akár egyetlen csatlakozási pont megadásával is lehet keresni.

A raktárkészletek kezelésére és amennyiben a raktárkészlet egy meghatározott szint alá csökken abban az esetben utánrendelésre szolgál az (UE/F⁸) rendszer.

⁶ AMP, Aircraft Maintenance Plan – Repülőgép üzemeltetési utasítás.

⁷ ELDIS, El Ledningsdata Informations System flugplan 39 – Repülőgép elektromos rendszer adatbázis.



1. ábra. A támogató rendszerek kapcsolati vázlata

Műszaki kiképzésre és a repülőgép rendszerei működésének szimulálására szolgál a (GMS⁹) rendszer, amelyben virtuálisan nyomon lehet követni a rendszerek működését bizonyos beavatkozások hatására. Például a hajtómű indítását, tüzelőanyag kifogyasztás folyamatát, sőt repülés közben a repülésvezérlő rendszer működését. A rendszer működése 3 db monitoron követhető nyomon, ahol természetesen lehet választani egy adott kijelző felület kinagyítása, rendszerek schematikus vázlata, valamint a teljes repülőgép vezető fülke között. [2]

Az üzemeltartó század szintjén a repülőgépek kiszolgálása nem igényli azt a szakági specializációt, ami napjainkig megszokott a Magyar Honvédség repülőcsapatai működésében. A típus átképzés során sem kerülnek megkülönböztetésre és kiemelésre a szakági ismeretek. Minden „technikus” ugyanazt az ismeretanyagot sajátítja el mind elméletben mind gyakorlatban, amely ismeretanyag feljogosítja őt arra, hogy a műszaki szakutasításokban technológizált munkafolyamatokat elvégezze. Ez a gyakorlatban szigorúan a repülőgép üzemeltartási tervének (AMP) követését és abban előírt munkák elvégzését jelenti.

A repülőgép rendszerei nem a klasszikus Sárkány-hajtómű, Elektromos Műszer Oxigén, Rádió, Lokátor és Fegyver szakágak szerint kerülnek osztályozásra, hanem a rendszerek működése, úgynevezett Material Group-k (MG) szerint.

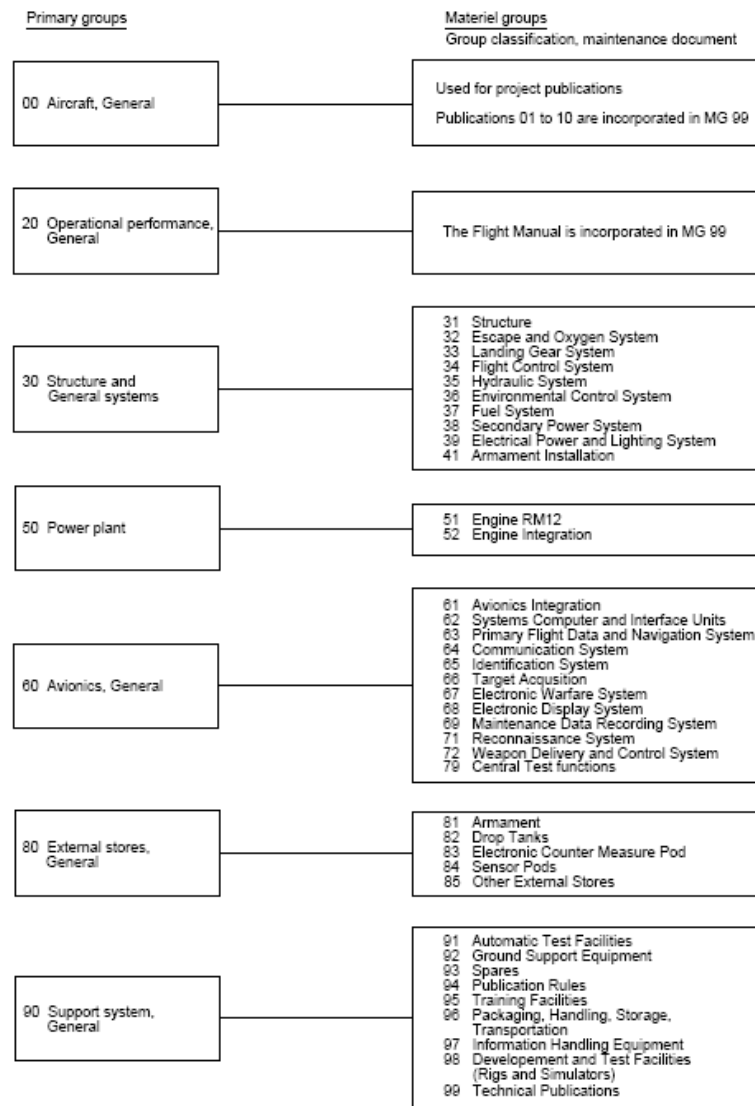
Természetesen az előzőekben említett „specializálódás” csak a repülések kiszolgálása során nem jelentkezik közvetlenül, azonban a repülőgép üzemeltetése megkövetel-

⁸ UE/F, Utbytes Enhet/Flygvapnet – Készletgazdálkodást támogató rendszer.

⁹ GMS, General Modular Simulation System – Repülőgép rendszer szimulátor.

li, hogy a svéd terminológia szerinti úgynevezett „specialistákat” alkalmazzunk. E szerint nálunk is szükséges katapult, kerékszerelő, kompozit javító, boroszkópos stb. szakemberek képzése, a különbség csak annyi, hogy valamennyiüknek a gyártó által minősített tanfolyamokon kell megszerezni a tudásukat.

Hangsúlyozni kell, hogy a fenti képességekre alapvetően nem a repülések során végzett rutinműveletek során van szükség, hanem főként a javítások során, esetleg az időszakos munkáknál.



2. ábra. A Gripen repülőgép rendszereinek osztályozása

A fentiekből következően, repülések közvetlen kiszolgálása valóban igényelhet kisebb létszámú személyzetet, mivel a kiszolgálás szinte lekorlátozódik a folyadékokkal és egyéb anyagokkal, eszközökkel történő feltöltésre, mivel a beépített önellenőrző rendszer folyamatosan felügyelet alatt tartja a repülőgépet. Amennyiben a megelőző repülési feladatról a repülőgép úgy érkezett vissza, hogy a beépített önellenőrző rendszer ne tárt fel meghibásodást, úgy a repülőgép rendszerei üzemképesnek tekintendők, és nem kerül végrehajtásra úgynevezett „meleg” ellenőrzés.

A BEÉPÍTETT ÖNTESTZT

A beépített önellenőrzés funkciót a rendszerszámítógépben (System Computer) lévő program felügyeli és gyűjti a rendszerektől érkező állapotjeleket, melyek itt kerülnek értékelésre és összegzett formában jelentésre az alkalmazó részére.

A beépített önellenőrző rendszer az úgynevezett „Safety Check” (SC) lehet automatikus, vagy kézi indítású. A rendszerek elektromos táplálásának felkapcsolásakor minden esetben végrehajtásra kerül egy beépített teszt, amely során ellenőrzésre kerül a rendszer elemeinek működőképessége, illetve az összeköttetés a perifériákkal. Amennyiben valamely rendszerelem meghibásodása feltárárra kerül a beépített önkontrol segítségével úgy a rendszer meghibásodása a repülőgépvezető fülke középső kijelzőjén „Central Display-n” kerül kijelzésre.

Az ellenőrzés egy összegzett státuszjelentéssel zárul, mely szerint a repülőgép a repülési feladat végrehajtására alkalmas „Safety Check OK”, vagy a rendszer meghibásodást észlelt „Mission Critical Fault” esetleg a repülés biztonságra kihatással bíró hiba üzenet jelenik meg „Flight Safety Critical Fault”.

A funkció ellenőrzés „Function Check”(FC) egy adott rendszer működőképességének ellenőrzését hajtja végre ahol már nem csak a rendszerelemek állapotjelei, illetve a perifériák közti kapcsolat megléte alapján kerül minősítésre a rendszer, hanem vizsgálójelek alapján, a rendszerelemek valós működésének elemzése révén.

A hibabehatárolás „Fault Isolation” (FI) amennyiben a SC vagy a FC során meghibásodást tárt fel a teszt rendszer, úgy a hibabehatárolás almenüben bináris, illetve hexadecimális formában kiolvashatóak azok a rendszerparaméterek, amelyek segítségével a meghibásodott rendszerelem viszonylag nagy pontossággal behatárolható. Továbbá ez a funkcióajánlásokat tesz a cserélendő berendezésre.

A repülési feladat befejezését követő állapotjelentés a „Quick Report” (QRPT) a repülőgépvezető és a műszaki személyzet részére csak státusz információkat és ciklusparamétereket közöl. Jelzi, hogy volt-e meghibásodás a repülési feladat során, vagy sem, illetve a repülőgép milyen tartalékokkal rendelkezik bizonyos ellenőrzések, műszaki munkák elvégzéséig. (Gépgyű karbantartás, memória kapacitás stb.)[3]

A repülési feladat során bekövetkezett meghibásodások hibaellenőrzési funkcióval „Fault Report” (FRPT), a beépített önellenőrzés (SC) során feltárt meghibásodás okát lehet leszűkíteni akár egy egy cserélendő alkatrészre is.

A kódok kiolvasását követően a meghibásodott rendszerelem nagy pontossággal behatárolható.

A rendszerfelügyelet „Function Monitoring” (FM) csak a különböző rendszerek állapotjeleit figyelni és annak függvényében, hogy a meghibásodás milyen hatással lehet a repülőgép üzemelésére, működteti az alábbi figyelmeztető rendszereket:

- veszélyre figyelmeztető lámpa;
- figyelmeztető tábló;
- szöveges figyelmeztetés a kijelzők valamelyikén;
- szóbeli figyelmeztetés a kommunikációs rendszeren keresztül.

A fentebb ismertetett tesztrendszer, mutat némi hasonlóságot a Mig-29 típuson alkalmazott EKRÁN rendszerhez képest, de ott egy operátornak szigorúan meghatározott tevékenységi sorrend szerint kell kiszolgálnia a rendszert és bizonyos fázisok végrehajtása az operátor feladata, ami esetenként szubjektív tényezőket is tartalmazhat. A Gripen esetében a tápfeszültség és a rendszerek felkapcsolását követően a beépített önellenőrzés automatikusan végrehajtásra kerül. Jelentős különbség van továbbá az ellenőrzés végrehajtási időszükséglete között a Gripen javára. A kijelző felület a Mig-29 esetében egy alumínium réteggel bevont műanyag fólia, melybe a kijelzett szöveg elektrolgalvanikus úton kerül felírásra és hátsó megvilágítás segítségével kijelzésre.

EКPАН ГОДЕН = SC FLIGHT SAFETY OK

Meghibásodás esetén a Mig-29 esetében teljesen hasonló a figyelmeztető rendszerek felépítése, de míg a Mig-29 esetében csak az EKRAN kijelző, illetve a táblók szolgálnak a hiba kijelzésére, addig a Gripen esetében ezen információ a 3 darab színes kijelző közül bármelyikén megjeleníthető, valamint egy további monochrom kijelző is igénybe vehető. A Gripen esetében ez a funkció tovább bővül a egy szolgáltatással, ahol a hiba bekövetkeztét követően a repülőgépvezető információt kérhet a rendszertől „Flight Assistace” a további eljárásrendre vonatkozólag.

KÖVETKEZTETÉSEK

Összességében elmondható, hogy az „Új évszázad-Új technológia” már nem kopogtat az ajtónkon, hanem megérkezett a Magyar Honvédség üzembentartási rendszerébe, ahol az új rendszerek magas fokú integráltsága és számítógépes felügyelete a napi gyakorlatban sok olyan képességet is kíván a használatól

melynek megszerzése esetenként szemlélet és gondolkodásbeli változtatásokat is követel. Olyan személyek munkáját igényli, akik összefüggéseiben átlátják a rendszereket, azok kapcsolódási felületeit és az egymásra gyakorolt hatásukat. Napjainkban ahhoz, hogy valaki jó „repülőműszaki szakemberré” váljon, készségi szinten alkalmaznia kell a kiszolgálást támogató rendszereket, illetve komplex módon kell kezelnie a rendszerek közötti összefüggéseket. El kell fogadnia, hogy a repülőeszközök üzemeltetésében támaszkodnia kell a támogató rendszerek adta lehetőségekre és a gyártói előírásoknak megfelelően követnie kell a „kötelezően” előírt tevékenységi rendet.

Az üzemeltetésben résztvevő személyekre gyakorolt hatások közül ki kell emelni, hogy a rendszerek moduláris felépítése, fejleszthetőségük, informatikai függőségük, az új anyagok (kompozitok), valamint ezek együttes hatása a környezetre új kihívásokat jelent számukra, melyet nagyon nehéz összehasonlítva a „hagyományos” rendszerrel elfogadni és alkalmazni.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr Rohács József-Simon István: Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve. Bp. Műszaki könyvkiadó 1986.
- [2] AMP 69 - Maintenance Data Recording System (Üzemeltetési adatokat rögzítő rendszer).
- [3] DDP:V1 Detailed Description Publication - Maintenance Data Recording System (Üzemeltetési adatokat rögzítő rendszer)- Test Functions (Ellenőrzési formák).

A MI-24VM HARCIS HELIKOPTER

LEGENDA SZÜLETIK

Az Egyesült Államok fegyveres ereje a vietnámi háborúban sikeresen alkalmazta a speciális katonai helikoptereket, melyek később más országok fegyveres erejében is feltűnt. Ezek a tényezők együttes hatása készítette a szovjet fegyveres erőket, hogy a harci helikopterek területén fejlesztéseket kezdjen. 1967-ben így kezdődött el a Mi-24 típus sikeres pályafutása, egyenlőre csak a tervezőasztalon.

Ellentétben az akkori amerikai harci helikopterekkel (pl. AH-1G „HueyCobra” a Mi-24 nem csak a szárazföldi alakulatok tűztámogatására és az ellenséges harcok elleni harcra született, hanem szállító harci helikopterként, harcászati deszant átdobására, szállítási feladatok és sebesült szállításra is alkalmassá tették. Éppen a feladatokból adódóan a helikopter személyzete 2 illetve 3 főből áll. Speciális szállítási feladatok esetén az operátorból és helikoptertervezetőből álló kétfős személyzet kiegészül egy fedélzeti technikussal.

A tervek szerint a helikopter magas fokú repülési paraméterekkel, erős rakéta fegyverzettel, modernizált célzó- és navigációs berendezéssel kellett, hogy rendelkezzen. A helikopter túlélőképességét a kabin és a létfontosságú berendezések páncélozásával, a főbb rendszerek megkettőzésével, valamint harci körülmények között a tűz és robbanás bekövetkezésének valószínűségét csökkentő berendezésekkel kívánták elérni.

Az első prototípus 1969. szeptember 15-én emelkedett a levegőbe, a széria gyártása pedig 1970-ben kezdődött meg. A csapatok 1971-ben kapták meg az első darabokat. A gyártása egészen 1992-ig folytatódott. Ez alatt az idő alatt 5200 db készült belőle, melynek több mint a felét a volt Szovjetunió és tagállamaiban állítottak hadrendbe. A többit a következő országokba exportálták: Afganisztán, Algéria, Angola, Kuba, Csehszlovákia, Kelet-Németország, India, Irak, Líbia, Mozambik, Észak-Korea, Kína, Nicaragua, Peru, Lengyelország, Vietnám, Jemen és hazánk.

A Mi-24 típuscsalád

A 22 év alatt a következő típusokat gyártották:

- Mi-24, Mi-24A, Mi-24B melyekben az operátor és a helikopter vezető még egymás mellett foglal helyet. Az utolsó változatán már a Falanga rakéta a JakB-12,7 négy csövű géppuska is megtalálható.

- Mi-24D Ez már a ma is ismert tandem elrendezésű kabinnal rendelkezik. Alapfegyverzete a Falanga irányítható, páncéltörő rakéta és a forgótoronyban elhelyezett JakB-12,7 négycsövű géppuska.
- Mi-24DU a Mi-24D lőtorony nélküli, kétkormányos oktató változata.
- Mi-24V a Mi-24D korszerűsített változata, amelyen a Falanga páncéltörő irányítható rakéta helyett a hangsebesség feletti Sturm található. Korszerű automatikus célzókészüléket az AszP-17V-t kapott. A Mi-24D-vel együtt 1976-tól 1986-ig gyártották.
- Mi-24P a Mi-24V helikopter gépágyús változata, amely a JakB-12,7 géppuska helyett egy jobb oldalra, mereven beépített GS-2-30 típusú ikercsövű 30 mm-es gépágyút kapott. A tervezése 1974-ben kezdődött, a széria gyártása pedig 1981-ben.
- Mi-24VP a Mi-24V helikopter gépágyús változata, amely a mozgatható lőtoronyba egy GS-23 típusú 23 mm-es ikercsövű gépágyút kapott. Szériagyártása 1989-ben kezdődött.
- Mi-24R a Mi-24D kémiai és rádióaktivitást felderítő változata. A szárnyak végén az irányítható páncéltörő rakéták helyett speciális radioaktív, kémia és bakterológia felderítő konténerek kerültek felfüggesztésre. Felszerelésre került egy távirányítású markoló, amely talajminta vételére alkalmas a szennyezett területről. A személyzet kiegészítésre került egy a felderítő eszközöket kezelő operátorral és műszaki vegyi védelmessel. Alkalmazásra került a csernobili katasztrófa során a katasztrófa mértékének meghatározásra.
- Mi-24K tűzérzéki felderítő és tűzkorrekciós helikopter. Felszerelésre került a teherterbe egy hosszúfókuszú automatikus kamera a tűzérzéki tűz megfigyelésére és egy irányítható kamera a forgótoronyba a géppuska helyett.
- Mi-24M tengeralattjáró elhárító helikopter. 1974-ben készült el és a haditengerészet kiválasztásán alulmaradt a Ka-24-el szemben.
- Mi-24BMT a Mi-24A helikopter aknatelepítő változata. Nem rendszeresítették.
- Mi-24PC kutató-mentő változat a MAKSz¹-95 kiállításon mutatkozott be.
- Illetve a fent felsorolt helikopterek export változata:
 - Mi-25 a Mi-24D export változata;
 - Mi-35 a Mi-24V export változata;
 - Mi-35P a Mi-24P export változata;
 - Mi-35M a Mi-24VM export változata.

¹ MAKSz (МАКС – Муждународный Авиационно-Космический Салон) Nemzetközi Repülési-űrhajózási Szalon.

1995-ben az orosz csapatrepülők állományában kb. 1500 db, más országok hadseregeiben pedig kb. 1000 db Mi-24 helikopter volt. Az orosz csapatrepülők a Mi-24-es helikopterek rendszerben tartása mellett új helikopterek beszerzésére szánták el magukat.

A pályázaton két igen komoly harci helikopter a Mi-28 és a Ka-80-as vett részt, melyet a Kamov nyert meg. Anyagi okok miatt csak keveset rendszeresítettek.

Ezért a Mil tervezőiroda a gazdasági helyzetük megőrzése érdekében a Mi-24 radikális korszerűsítése mellett döntöttek. Ez azt jelentette, hogy a Mi-24 felújítása során mindent amit lehet a Mi-28-ba tervezett elemekből építenek át. Így született meg a Mi-24VM.

Mi-24VM

A korszerűsítés során a fő hangsúlyt a hatékonyság növelésére helyezték. Ennek érdekében javították a repülési jellemzőkön, új fegyverzetet kapott a helikopter, valamint minden napszakban bevethetővé tették.

A modernizációs programot öt részre bontották, melyeket úgy alakítottak ki, hogy a megrendelő bármilyen variációt összeállíthat belőlük, igénye és anyagi lehetőségei szerint.

Az első blokk – élet ciklus növelés

A módszer alapját a helikopter állapotának meghatározása alkotja. A dokumentáció és a meghibásodások elemzésével kialakítják a cserélendő és a felújítandó blokkok és berendezések halmazát. A helikoptert felújítják és az összeszerelés során új vagy felújított alkatrészeket építenek vissza. Földi ellenőrzés után berepülnek.

Ezzel a módszerrel meghosszabbítják a naptári üzemidejét és megnövelik a berendezések és a teljes helikopter technikai tartalékait.

A második blokk – a fő és a kormány rotor modernizálása

A fő és a kormány rotor fém lapátjai helyett üvegszál-erősítésű műanyag lapátokat szereltek fel, melyek szívósabbak a korábbiaknál és harci körülmények között jobb aerodinamikai paraméterekkel rendelkeznek. Ezzel egy időben a központi agyat rugalmasra cserélik, amely nem igényel kenést. A háromlapátos kormány rotor helyett az X alakú, négy lapátos, csendesebb rotort alkalmazták. A munkák végrehajtásával csökken a helikopter tömege 300 kg-mal és megnövekszik az alkalmazhatóság statikus magassága 600 m-rel, illetve ennek következtében növekszik az emelkedőképesség, javulnak az üzemeltetési jellemzők és javul a harci túlélőképesség.

A harmadik blokk – a sárkány szerkezet, fegyverzet és a kommunikációs eszközök modernizációja

A Mi-24 harci tapasztalatai azt mutatják, hogy a repülés harci körülmények között alacsony magasságon és a harci sebességtől alacsonyabb sebességen zajlik. Ilyen repülési feltételek mellett a helikopter sérülése esetén a helikoptervezetőnek nincsen ideje a kényszerleszállás, zuhanás előtt kibocsátani a futóművet, tehát zuhanáskor jelentősen csökken a csillapítás. Éppen ezért ilyen körülmények között a helikoptervezetők kiengedett futóművel repülnek, ami futógondola záró fedeleinek leszakadása miatt lecsökkenti a maximális repülési sebességet. Ez harci körülmények között nagyon sok problémával jár. Éppen ezért a tervezők a felújítás során úgy döntöttek, hogy fixálják a futóművet kiengedett helyzetben. Természetesen ezzel egy időben a ki és visszahúzó szerkezetet leszerelték. Ezzel egyszerűsödött a hidraulika rendszer és 120 kg-mal csökkent a helikopter tömege.

Az új szárnyalatti tartó (BD3-57U) és a főbb függesztési ponttal rendelkező indító berendezés alkalmazásával kompaktabban lehet a fegyvereket a szárnyakra felfüggeszteni, csökkentve annak fesztávolságát. Mindezek mellett a BD3-57U szárnyalatti tartó jelentősen megkönnyítette a helikopter harci körülmények közötti üzemeltetését, a rakéták függesztését – a függesztést végző műszakiak különösebb fizikai megterhelése nélkül.

Egyszerűsödött a rádió parancsközlő csatorna, csökkentve ezzel is a helikopter tömegét. A helikopter új fedélzeti rádiót kapott, az R-999-est, amely már nem csak a légi irányítási frekvenciákat használhatja, hanem a szárazföldi csapatok frekvenciáit is.

A harmadik blokk végrehajtásával összesen 300 kg-mal csökkent a helikopter tömege, ami magával vonta a statikus magasság növekedését 300 m-rel.

A második és harmadik blokk együttesen az emelkedési sebesség növekedéséhez vezetett 9,6 m/s-ról 12,4 m/s-ra.

A negyedik blokk – a fegyverzet hatékonyságának növelése

A helikopter modernizálása során modernizálásra került az irányítható rakéta komplexum és a „Sturm” rakéta helyett az „Ataka” páncéltörő irányítható rakéta került a helikopterre. A helikopter javadalmazása 16 db rakétáig terjedhet.

A rakéta három változatban kerülhet alkalmazásra:

- *kommutatív*: tandem elrendezésű harci résszel, mely képes a dinamikus páncéllal rendelkező harcjármű megsemmisítésére is;
- *repesz-romboló*: elő erő, illetve gyengén vagy nem páncélozott építmények megsemmisítése szolgál;
- *harmadik*: légi harc megvívására szolgál. Közelségi gyújtóval szerelt, mely a légi cél 4 m-es körzetén belül biztosítja a harcirész felrobbantását.

A rakéta leghatásosabb indítási távolsága 800 és 4000 m között van, de 6000 m-ig is alkalmazható. Rakéta indításakor a helikopter alacsony magasságon, rejtett pozícióban is tartózkodhat.

A helikopter orrában, a beépített lőtoronyban, egy GS-23, ikercsövű, 23 mm-es gépágyú található. A korábbi analóg számító-megoldó blokk helyett egy digitális fedélzeti számítógép (BVK-24) található.

A BVK-24-et úgy alakították ki, hogy a helikopter alkalmas legyen az „Igla-B” irányítható, légiharc rakéta indítására is.

A BVK-24 részét képezi egy lézertáv mérő, amely jelentősen megnövelte a fedélzeti fegyverek hatékonyságát. A fedélzeten nem csak fedélzeti válaszadót, hanem kérdezőt is elhelyeztek, így a légiharc rakéta indítása előtt megtörténik az „idegen-barát” felismerés. A megfelelő jel beérkezése (nem beérkezése) után történik a rakéta indítása.

A negyedik felújítási blokk szerinti munkák végrehajtása után az önálló célra történő célmegsemmisítési valószínűség megnő 1,4-1,6 szeresére, megnövekedett a mozgatható lőtorony megsemmisítési területe 2-2,5 szeresére és 1,7-2,2 szeresére növekszik az irányítható rakétákkal történő célmegsemmisítés harci hatékonysága.

Ötödik blokk – bármely napszakban történő bevethetőség biztosítása.

Először meg kellett oldani az éjszakai helikoptervezetést. Ehhez a legáltalánosabb módszert választották — éjjellátó készülékkel látták el a helikoptervezetőt. Ehhez a teljes kabint át kellett alakítani, fénytechnikai szempontból — megvilágítás nélküli műszerek, illetve a fényablók fényét is az éjjellátóhoz kellett igazítani. Éjjellátó készüléken természetesen a földi célok is megfigyelhetők, természetesen csak az éjjellátó 40° szélességi látómezejében.

Az éjjellátó készülék igen nagy előnye, hogy a helikoptervezető számára könnyen feldolgozható, elsődleges információt ad. Hátránya viszont az, hogy bármilyen környezeti fény befolyásolja az alkalmazását.

A harci alkalmazás minden napszakban való biztosítására a helikopter hőpelengátor, televízió és lézer távmérővel, bármely napszakban alkalmazható megjelenítővel rendelkezik.

Ki kell emelni, hogy a felújítás során forgószárny agy fölötti rádiólokátort nem építenek a helikoptere, így a korlátozott látási viszonyok (köd, füst) közötti alkalmazása nem biztosított. Ennek ellenére meg kell állapítani, hogy a felújítás után a helikopter képes felderíteni és azonosítani a célt éjszaka és alkalmazni a fedélzeti fegyvert bármely napszakban.

Az egész modernizációs programot az új technikai eszközök igen magas ára és a felújítást megrendelők viszonylag kevés pénze szülte. Ezt a felújítást választva egy helikopter felújítási költsége jelentősen alatta marad egy új helikop-

ter beszerzésének. Ami szintén a felújítás mellett szól, hogy a helikopter vezet-
hetőségi szempontból nem változik meg, így a helikoptervezetőknek csak egy
minimális átképzést kell szervezni.

	Mi-24VM	Mi-24
Személyzet:	2-3 fő	2-3 fő
Fő rotor átmérő:	17,20 m	18,8 m
Sárkány hossza a gépágyúval:	18,57 m	-
Magasság:	4,39 m	4,17 m
Felszálló tömeg (max):	11 500 kg	11 500 kg
Üres tömeg:	8090 kg	8200 kg
Maximális sebesség:	310 km/h	330 km/h
Harci sebesség:	260 km/h	217–270 km/h
Dinamikus magasság:	5700 m	5000 m
Statikus magasság:	3100 m	1500 m
Repülési távolság:	500 km	500 km
Üzemanyag:	2050 l	-

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] All the World's Rotorcraft (<http://avia.russian.ee/index.html>) internetes oldal.
- [2] ГОРДЕНКО, Ю. В.–МОРОЗОВ, В. П.–ПРИБЫЛОВ, А. С.: Военная авиация 1-2, Попурри, Минск 2000.
- [3] GUNSTON, Bill: Modern helikopterek (Harci fegyverek sorozat), Phonix könyvek, Debrecen, 1993.

A HIBADIAGNOSZTIKAI BERENDEZÉSEK FEJLŐDÉSE

A Magyar Honvédségnél üzemeltetett, gázturbinás hajtóművel rendelkező légi járművek üzemeltetési módszere kötött ciklusidejű. Ez azt jelenti, hogy minden egyes alkatrész meghatározott ideig üzemelhet, függetlenül attól, hogy még nem hibásodott meg. Ennek hátránya egyrészt az, hogy a hibátlan alkatrész sem használható a ciklusidő vége után, másrészt a keletkező — ciklusidőn belüli — meghibásodás nem mutatható ki korai szakaszban. Célszerű olyan módszert alkalmazni, amely preventív módon a repülésbiztonságot növeli és a gazdaságosságot is javítja. Erre adhat megoldást az állapot szerinti üzemeltetés bevezetése, amelynek egyik eszköze lehet a hajtómű rezgésdiagnosztikai vizsgálata. A módszer lényege az, hogy az üzemelő hajtómű egyedi, a gép állapotára jellemző rezgésképet mutat. Az üzemelés során a rezgéskép esetleges megváltozása egyértelműen utal az állapotban bekövetkező változásra, az esetleges meghibásodások kezdetére, helyére és jellegére. Így szakember beavatkozással a légi jármű kevesebb időre esik ki az üzemből, a repülésbiztonság is nő, és jelentős gazdasági megtakarítás is elérhető.

Az állapot szerinti karbantartás, a bevezetőben említett repülésbiztonsági és gazdasági okok miatt már régóta foglalkoztatja a tervezőket és az üzemeltetőket. Célszerű áttekinteni az ilyen jellegű rendszerek fejlődését, a kezdeti megoldásokat és a jelenleg alkalmazott, illetve tervezett rendszereket. A publikált megoldások közül néhányat kiragadva a fejlődés a következőkben szemléltethető.

John F. Moran és Harrys P. Shay 1971-ben ismertette a GE Company-nál kifejlesztett „Go-No Go” típusú „engedélyező” ellenőrző rendszert [1].

Az általuk ismertetett rendszer kis költségigényű és egyszerűen üzemeltethető. Az üzemeltető számára elsődlegesen csak arra ad információt, hogy a vizsgált hajtómű biztonsági szempontból üzemeltethető-e.

Az önálló, hordozható egység csatlakoztatva a hajtóműbe beépített érzékelőhöz, automatikusan biztosítja a hajtómű kritikus görbéit, és összehasonlítja a tárolt üzemi határgörbékkel. A karakterisztikák összehasonlításra kerülnek a korábbi mérési értékekkel, amely lehetőséget teremt veszélyes károsodási folyamatok felismerésére. A karakterisztikák pillanatnyi értékei megjeleníthetők és adathordozóra elmenthetők, amelyek későbbi mérésekhez referenciául szolgálhatnak.

Az ismertetett rendszert úgy fejlesztették ki, hogy alkalmas legyen egyszerű és gyors tesztek elvégzésére, a normálistól eltérő hajtómű üzemállapot vagy folyamat észlelésére. Ez a fejlesztés jelentős eredményeket hozott, a légi jármű repülési alkal-

massága és biztonságának növelése terén, valamint a repült órákhoz viszonyított, szükséges üzemeltetési idő csökkenésében. Az állapot szerinti üzemeltetési módszer előnye hamar megmutatkozott az üzemidő szerinti üzemeltetéssel szemben.

A berendezés kialakításánál a következő követelmények kielégítését tekintették elsődlegesnek:

- a rendszer rögzítse a következő hajtómű paramétereit: rotorok fordulatszámjai, üzemanyag fogyasztás, a hajtómű több keresztmetszetében mért nyomás és hőmérsékleti értékek;
- mért paraméterek alapján különböző hajtómű jelleggörbék meghatározása, amik utalhatnak a hajtómű üzemi állapotára;
- a hajtómű karakterisztikák számításához szükséges külső légnyomás és hőmérsékleti értékeket érzékelése és a megfelelő korrekciók elvégzése;
- a kiszámított hajtómű karakterisztikák kétféle vizsgálata az üzemeltethetőség megállapítására. Az első vizsgálatnál a karakterisztikát egy definiált határgörbével hasonlítják össze (korrekcióval ellátott hajtómű fordulatszám funkció), míg a másikonál a korábbi mérési eredményekkel vetik össze az aktuálisat, s a változás jellegéből „trendjéből” következtetnek a rendellenességre utaló folyamatokra;
- az adatok kijelzőn és/vagy adathordozón legyenek elérhetők. Dátum, gyártási szám, hajtómű üzemidő elmentése szintén szükséges;
- a rendszer kezelése szakképzetlen földi személyzet (pl.: sorkatona) számára is egyszerű legyen;
- teljekörű öntesztelő képességgel rendelkezzen;
- a rendszer nagyfokú rugalmasságot és programozhatóságot tegyen lehetővé, a további fejlesztésekhez és típusváltáshoz.

A következőkben ismertették a megfogalmazott követelmények alapján kifejlesztett rendszert, és bemutatták a kezdeti alkalmazást, a General Electric J-85-ös hajtómű tesztelése során. (A J-85-ös 1960-ban rendszeresített, axiális átömlésű, 1-forgórészes sugárhajtómű).

A hajtómű érzékelőihez csatlakoztatott teszter blokkvázlatát a 2. ábra szemlélteti. A hajtómű kiválasztott pontjain elhelyezett analóg érzékelők adatait a hajtómű 100%-os fizikai fordulatszámánál rögzíti.

A rögzített adatok a következők: hőmérsékletek, nyomások, üzemanyag fogyasztás, áramlási keresztmetszet, a forgórész fordulatszám.

Ezen belül a mért nyomásadatok a következők:

- külső légnyomás (p_o);
- kompresszor belépő össznyomás (p_{T2});
- kompresszor belépő statikus nyomás (p_{S2});
- kompresszor kilépő össznyomás (p_{T3});
- kompresszor kilépő statikus nyomás (p_{S3});

— turbina kilépő össznyomás (p_{T5}).

A mért hőmérsékleti adatok a következők:

- környezeti hőmérséklet (T_0);
- kompresszor kilépő hőmérséklet (T_3);
- kiáramló gáz hőmérséklet (T_5).

Egyéb mért adatok:

- üzemanyag fogyasztás;
- áramlási keresztmetszet;
- fordulatszám.

A mért értékek a teszteren megjeleníthetők és adathordozón rögzíthetők. Az érzékelők adatai közel 200 csatorna/másodperc multiplexer sebességgel kérdezhetők le. A vonali, vagy zaj okozta véletlen hibalehetőségek elkerülése és elnyomása érdekében, az adatokat átlagolják (18-as átlagszám).

A rendszer által végzett számítás menete magába foglalja a korrekciós faktorok külső hőmérséklet és nyomás szerinti számítását (Θ, σ), a módosított hajtómű fordulatszám számítását ($N, \sqrt{\Theta}$), amelyek a mért adatokból származnak és az engedélyező tesztekhez szükséges hajtómű paraméterek számítását. A General Electric J-85 típusú hajtóművénel – a rendszer kezdeti alkalmazásánál – a bemeneti jelekből következő hat paramétert számították ki:

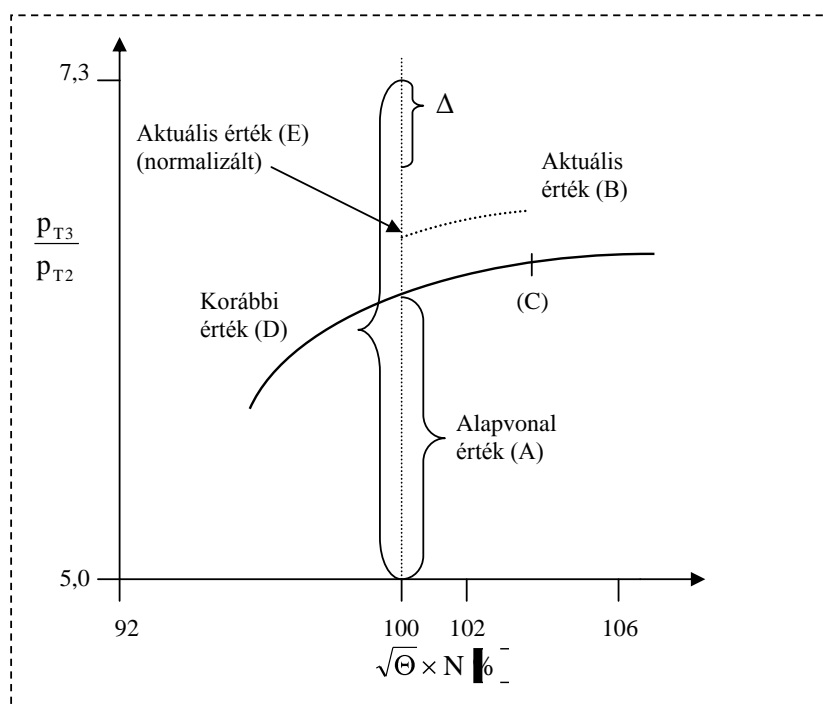
- kompresszor nyomásviszony $=f(p_{T3}, p_{T2})$;
- kompresszor nyomásviszony $=f(p_{T2}, p_{S2})$;
- kompresszor hatásfok $=f(p_{T3}, p_{T2}, T_3, \Theta, \sigma)$;
- helyesbített üzemanyag-fogyasztás $=f(W_f, \Theta, \sigma)$;
- hajtómű nyomásviszony $=f(p_{T5}, p_{T2})$;
- helyesbített kilépő gáz hőmérséklet $=f(W_f, \Theta, \sigma, T_2, T_5)$.

A számításokat a rendszerben hagyományos elektronikus számológép végzi. Ez egyszerű programozhatóságot és alacsony költségigényt biztosít.

Az 1. ábra példaként bemutatja a kompresszor nyomásviszonya alapján végzett, az üzemeltetés engedélyezésére vonatkozó ellenőrzést, a mért paraméterek segítségével.

Hasonló eljárással veszik figyelembe a többi mért paramétereket is, a hajtómű állapotának ellenőrzésére.

Az 1. ábrán a folytonos görbe az adott karakterisztikára vonatkozó referencia-, vagy határértékgörbét jelenti. A rendszerben ezt a görbét matematikai formában tárolják, amely vertikálisan eltolható egy adott referenciaérték beállításával. Ez a funkció természetesen az üzemeltető számára nem elérhető. A pillanatnyi kompresszor nyomásviszony a mért p_{T2} és p_{T3} paraméterek hányadosával határozható meg. A hajtómű fordulatszáma szintén egy mért adat, melyet a $\sqrt{\Theta}$ és σ paraméterekkel korrigálnak. Ez a két koordináta érték jelöli ki a grafikonon a D pontot.

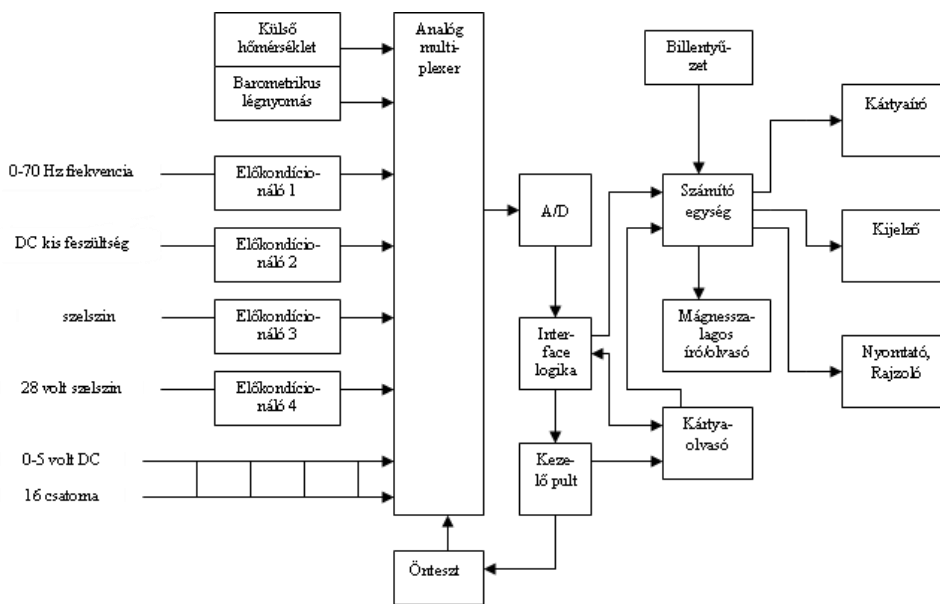


1. ábra. Az analízis módszere

A bemutatott példában a korrigált hajtómű sebesség 102%. Ezért a C pont kiszámításához a tárolt görbét kell felhasználni, és miután a mért pillanatnyi érték (B) eléri ezt az értéket, a hajtómű ezen kritérium szerint üzemeltethető.

Az üzemeltethetőség másik feltétele magába foglalja az utoljára és a korábban mért értékek trend jellegű összehasonlítását. Ez szükségessé teszi azt, hogy az adatokat ugyanannál a korrigált hajtómű sebességnél történjen. Ezért az adatokat 100%-os sebességre normalizálják. Az 1. ábrán a B és a C pont közötti különbséget adják hozzá az A ponthoz, mellyel az E pont szerinti pillanatnyi normalizált érték adódik.

Az 1. ábrán lévő Δ érték szemlélteti a szóban forgó karakterisztikára megengedett változást. A 2. ábrán az adatgyűjtő és kiértékelő rendszer blokkdiagramja látható.



2. ábra. A hajtómű ellenőrző rendszer blokkdiagramja

A fent bemutatott rendszert prototípusként a General Electric J-85-ös hajtómű tesztelésénél alkalmazták. A további fejlesztés a berendezés kompakt kialakítására, a méret csökkentésére és a memória bővítésére irányult. A rendszert földi tesztekre alkalmazták, de hasonló berendezéssel hajtóműveket légi üzemelés során is vizsgáltak.

Az állapot szerinti üzemeltetés és karbantartás igénye, az elektronika fejlődésével, pontosabb, több paraméteren alapuló rendszerek kiépítését szorgalmazta. Igényként merült fel, hogy az üzemeltetés engedélyezésén túlmenően pontos információk is szerezhetők legyenek a változások okaira és a szükséges beavatkozások megállapítására. Ez előtérbe hozta, az ún. szakértői rendszerek fejlesztésének kérdését. Szükségsszerűvé vált az üzemeltetés során szerzett tapasztalatok integrálása az ellenőrző rendszerekbe.

Az ilyen rendszerek korai típusainak egy tipikus példája a Suhayya Abu-Hakima, Philippe Davidson, Mike Halasz, Sieu Phan alkotta csoport által fejlesztett JETA (Jet Engine Technical Advisor) rendszer [2].

Munkájuk egy elfogadott ismeretbázisú diagnosztikai eszközt mutat be, amely elterjedten alkalmazható a sugárhajtóművek üzemeltetésénél. A rendszert a J-85-ös sugárhajtómű diagnosztika kutatási eredményeire támaszkodva alakították ki. A módszer szükséges alapjait a különböző diagnosztikai módszerek együttes eredményei szolgáltatták.

Maga a rendszer egy a különböző jelenségek összefüggéseire alapuló „fa”-struktúrára épül, melyben a jelenséghalmazok hajtómű-specifikusak. A „fa”-struktúrában levő ismeretanyagok ok-okozati összefüggést és ennek megfelelő döntési stratégiát jelölnek ki. Mint látható ennél a rendszernél már nem csak a paraméterek számának növelése volt a cél, hanem az, hogy megfelelő stratégiával azok értelmezhetővé váljanak és összefüggéseik egyértelműsíthetők legyenek.

A mért paramétereken túlmenően a rendszer részét képezik a jellemző „meghatározások”, írásos információk, vázlatok és az eredmény értelmezéséhez szükséges egyéb ismeretanyagok.

A laboratóriumi mintapéldány 1988 decemberében készült el. A prototípus a General Electric J-85-CAN-15 sugárhajtómű több gyorsítási problémáját kimutatta, majd sorozatos földi ellenőrző vizsgálatokba vonták bele, melynek eredményeit a leendő felhasználók értékelték.

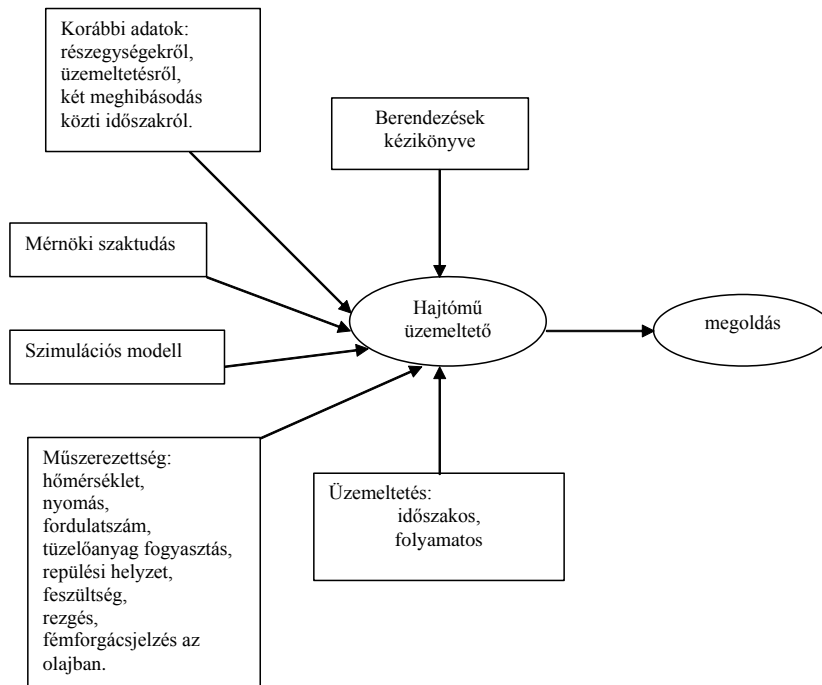
A rendszer fejlesztése során végzett elméleti munka rávilágított a hajtóművek állapotellenőrzésének és hibadiagnosztikájának összetett problémájára, amihez a már elterjedt mesterséges intelligencia (Artificial Intelligence – AI) módszereit hívták segítségül. A projekt egy gépészmérnök csapat által vezetett hajtómű laboratóriummal együttműködésben készült, és egy nagyszabású tanulmány része volt, amit a laboratórium hajtómű állapot ellenőrzéssel (Engine Health Monitoring – EHM) kapcsolatban készített.

Az EHM és a hiba diagnosztika általános törekvése az üzemeltetés szervezésének, a karbantartásnak, a tervezés minőségének a javítása és a hajtómű üzembiztonságának a növelése. Ezek a törekvések teret kapnak a hajtómű műszaki felülvizsgálatánál, határérték túllépéseknél, és a részegységek elhasználódásának nyomon követésénél.

Az AI módszer alkalmazása az EHM-nél számos előnnyel járt. Elkerülhetőek lettek a hajtómű alkatrészek hibás döntés miatt történő kiszerelese, a földi kiszolgáló személyzet téves döntései, elősegíthetővé vált a magas színvonalú üzemeltetés kis gyakorlattal rendelkező műszaki szakemberekkel, a hajtómű javítások színvonalának fejlesztése és gyorsítása, a hajtómű élettartam növelése, és a döntéshozatali mechanizmus központosítása, közben tartva a mind növekvő információ folyamatot (lásd 3. ábra).

A sugárhajtóműveknél végzett diagnosztikai és a hibakeresési eljárások, előzetes adatgyűjtő és értékelő tevékenységként szolgáltak az AI számára, és leegyszerűsítették az EHM-et, valamint a hiba meghatározását. A jelenleg üzemeltetést végző szakember személyzet a hajtóműhöz kiadott terjedelmes hibakeresési útmutató alapján gyakran hosszadalmas módszereket kénytelen követni. Ezek a szakemberek idővel egyéni diagnosztikai módszereket és eljárásokat alakítanak ki, ahogy tapasztalataik összegyűlnek. Az így keletkező értékes észrevételek a rövidebb diagnosztikai eljárást szolgálják és a hibakereséshez szükséges időt, lecsökkentik. A hibakeresésnél az a cél, hogy behatároljuk és eltávolítsuk a hibás alkatrészt, illetve üzem közben cserél-

hető (modul rendszerű) berendezésnél a cserét amint lehet, elvégezzük. A tesztek első körben beépített hajtóműveken végzik, és ha az nem hoz kielégítő eredményt, második lépcsőben a kiépített hajtóműveket próbapadi tesztek alá vetik.

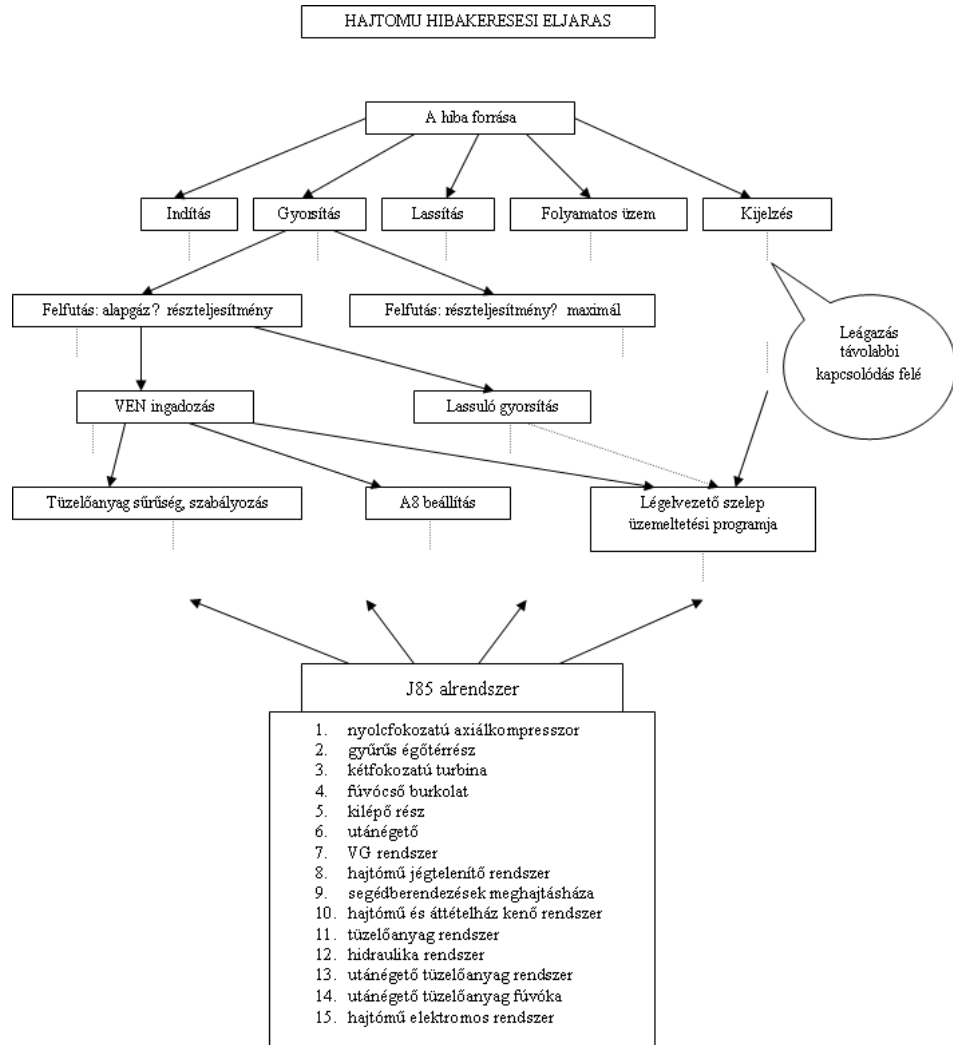


3. ábra: Egy hajtómű üzemeltető munkakörnyezete

A sugárhajtómű diagnosztika elősegítésére, általánosan alkalmazott diagnosztikai eszközzel, különböző sugárhajtóműveken hibakeresési eljárásokat végeztek. A JETA rendszer újszerűségét és különlegességét az ismeretek értelmezésének explicit volta és az összefüggések hasonló kifejtése jelentette. Az ismeretek értelmezése a rendszerben inkább explicit, mint implicit. Az explicit ismeret-ábrázolásban, az ismeret leírásának igazolása, vagy oka, alapvető eleme a szóban forgó ismeretnek. Ez nagyban eltér a klasszikus, szabály-alapú döntési rendszertől, mint pl. MYCIN (Buchanan B. G. és Shortliffe E. H. által kifejlesztett Szabályalapú tanácsadó rendszer, Addison-Wesley Publishing Company, Massachusetts, 1984.). A MYCIN rendszerben az ismeret ha-akkor szabályok alapján van ábrázolva, melynek igazolása mögött implicit rendező és kódoló szabályok vannak. Így a döntéshozatal sorrendje kihat a diagnosztikai eredményre, és téves következtetéseket kaphatunk.

Az explicit ismeretek értelmezése konkrét eredményeket hoz. Így hidalható át a diagnosztikai hierarchia, ami a helyi ismeretektől függ, kifejezve minden szintet.

A 4. ábrán példaképpen bemutatjuk az összes előfordult hajtómű meghibásodás JETA következtetési rendszerét. A megfigyelések és a mérések alapján egy hibaág (paraméter-együttes) jelentősége megnőhet, illetve fel kell térképezni azt a leágazást, ami elvezethet a megoldáshoz. Így az explicit ismeretek értelmezése, a következtetési rendszer alkalmazása, nélkülözhetetlen része a JETA-nak.



4. ábra. A JETA következtetési rendszere

Az explicit érvelési stratégiát a 4. ábra szemlélteti. A stratégia elgondolása a diagnosztikai ismeretek áttekintésén és a meghibásodási lehetőségek hierarchiá-

ján alapul. Minden csomópont az ismeretek körébe tartozó egyszerű meghibásodást, vagy problémakört ábrázol. A meghibásodások hierarchia-modellje magába foglalja a diagnosztikai ismereteket, a legáltalánosabbtól a legsajátosabb meghibásodásokig. Így a hajtóműről megalapozott ismereteket lehet kapni, ha általános meghibásodás következik be, például gyorsítási, vagy lassítási hiba. Ezek a meghibásodások mind a hierarchia egy ágához vezetnek, és egyre specifikusabbá válnak az egyes csomópontokon áthaladva. Végezetül eléri valamely alrendszer egy egyedi meghibásodását.

Az egyes új meghibásodási csomópontok bevitele a rendszerbe hatással van a döntéshozatali szabályrendszerre. A szabályrendszer, melynek alapja a korábbi eseményekből származó következtetések és megfigyelések, biztosítja az algoritmus eredményességét a meghibásodások kijelölésében. A szabályrendszer lehetőséget adhat a hierarchiában az ágak között történő ugrásokra, természetesen bizonyos feltételek mellett. Ez a műszaki szakemberek által üzemeltetés során használt egyik stratégia, ha a hibakeresési eljárást kombinálják a jelenségekkel. Ezek inkább közvetett szinteket képviselnek, mint közvetlen leágazásokat.

A JETA probléma megoldási mintáját, az explicit ismeretek értelmezését mutatja be az 5. ábra. Minden meghibásodás (vagy leágazási pont a diagnosztikai hierarchiában) egy egyedi meghibásodási nevet határoz meg. A hajtómű üzemi állapotot (üzemel/nem üzemel) magába foglalja a rendszer. A felhasználó meghatározhatja és behatárolhatja a lehetséges hibákat, ha a hajtómű üzemel, illetve egy másik fajta hibakeresési eljárást alkalmazva, ha a hajtómű nem üzemel. Így az üzemeltetőnek nem szükséges a hajtóművet ismételtén indítani.

Általában minden meghibásodási pont egy már bekövetkezett esemény által jött létre, és megtalálható annak ismerethalmaza, amely kapcsolatba hoz a hierarchiába más meghibásodásokat is. A rendszer megtörtént események tapasztalatait felhasználva tesz javaslatot az üzemeltetőnek, hogy milyen hibakeresési eljárást válasszon. A rendszer a gyakori meghibásodások elemzéséből indul ki, majd fokozatosan halad a ritkábban előforduló hibajelenségek lehetőségeinek vizsgálatára. Meg kell jegyezni, hogy az üzemeltetők gyakran figyelmen kívül hagyják ezt a javasolt hibakeresési stratégiát.

Minden egyes meghibásodást egy üzemi állapot és/vagy jelenség jellemez, ami valamilyen hibaforrás következtében jön létre. Vannak olyan speciális, a hierarchia alsó szintjén ábrázolt meghibásodások, melyeket a kialakult jelenségek jól jellemeznek. A jelek közvetlen megfigyelésekből, vagy gyorstesztekből származnak. A meghibásodások, amik a meghibásodási rendszerben változó meghibásodási ágak felé haladnak, lehetnek azonos, vagy eltérő hierarchikus szinten (lásd 4. ábra légelevelő szelep, üzemeltetési program).

- A meghibásodás neve.
 - Hajtómű üzemállapot (üzemel vagy nem).
 - A meghibásodások eseményrendszere, az azonos szinten lévők figyelembe vételével.
 - Hibaforrások.
 - A megfigyelések (jelenségek), amik előidézhetik a meghibásodást.
 - Műszerleolvasások, illetve általános megfigyelések.
 - Szoros kapcsolatban álló meghibásodások.
 - Egyéb gyorsteszték, a rokon jelenségekre.
 - Egyéb változó hibák, amik nagy valószínűséggel nem rokon meghibásodások.
 - A hajtómű alrendszerek, vagy alkatrészek érintettsége.
 - Meghatározás, illetve információ adás a hibáról.
 - Teszt típusok és leírás arról, hogy mi hibásodhatott meg.
- Egy diagnózis együtt jár még:
- Az ellenőrzés, illetve a javítás idejének a számításával.
 - Javasolt tevékenységgel.
 - És a javítás során felmerülő nehézségekkel.

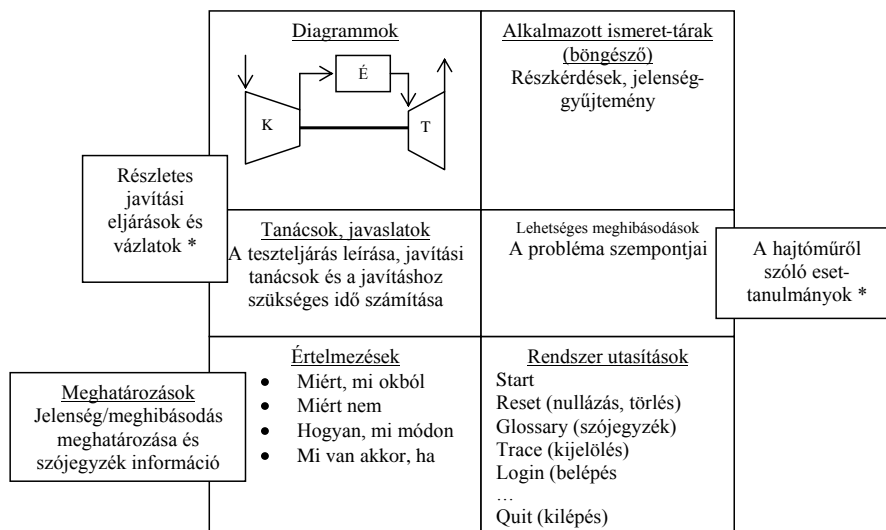
5. ábra. A JETA probléma sémája

A problémamenet következő lépése, a meghibásodást okozó alrendszerek illetve alkatrészek behatárolása, és az üzemeltető tanácsokkal való ellátása, a meghibásodás kijavítását illetően. A javaslat ismerteti a teszt típusát, amivel az üzemeltető behatárolhatja a hibát, és a rendszer, mint szöveges információ, leírja a problémát.

Végül minden meghibásodásnak van értékelése. A javasolt javítási eljárás mellett tájékoztatást kap a felhasználó a javítás közben felmerülő nehézségekről, és az ellenőrzéshez, valamint a javításhoz szükséges időről. Ezek az információk lehetőséget adnak a felhasználónak, hogy felfüggeszse a hibajavítást, és egy későbbi időben visszatérjen rá, ha az idő kötött és a nehézségek meghaladják az üzemeltető idejét, illetve a nehézségek erre rákényszerítik. Ezek az információk alkalmazhatók még a javítások sorrendiségének meghatározására, ha egyszerre több hiba is fellépett.

A JETA a hibakereső- és a szabályrendszer mellett még két másik fajta rendszerrel rendelkezik, ami hatékonyabbá teheti a problémamegoldást. Az egyik, a jelenségrendszer, amely az egyes jelenségek leírását tartalmazza és kombinálva használható a szabályrendszerrel. A másik, a JETA „SÚGÓ–HELP” rendszere, amely kereszthivatkozásokat is tartalmaz a problémákra, jelenségekre, vagy a szabályrendszerre, és az üzemeltető a szakkifejezések tisztázására használhatja. A szakkifejezések meghatározásánál saját szójegyzékrendszer is kialakítható illetve mozaikszó, rövidítésgyűjtemény, amit a felhasználó később is definiálhat, és amelyik eredetileg

meghibásodásoknál, jelenségeknél, illetve eljárás meghatározásoknál tünt fel. A szójegyzék képességei lehetővé teszik, hogy a felhasználó elmélyedjen a meghatározásokban, kereszthivatkozások által rákérdezve sok más meghatározásra, ami megtalálható. A rendszer kezelői felülete, menürendszere a 6. ábrán látható.



6. ábra. JETA felhasználói felülete

A felhasználó a bal felső sarokban egy sematikus hajtóművet talál. Ez a felület szemlélteti az üzemeltetőnek azt a hajtómű területet, amit diagnosztizálni akar. A tanácsadó ablak a képernyő bal oldalán, középen található. Az összes javaslat és javítási eljárás részlet megjelenik ezen a területen.

Az értelmezésnél kiválasztható a kérdés fajtája (a jelenség „miért”, „miért nem” és „hogyan”...) és a meghibásodás következtetése megjelenik a képernyő bal alsó sarkában. Ha a „mi van akkor, ha” jelenség- és hibakombinációkat alkalmazunk, az értelmezés szintén megjelenik az ablakban. Megjegyzendő, hogy ha az ismeretek értelmezése szabatos, az eredmény mechanizmus által az értelmezés nagymértékben leegyszerűsödik.

A felhasználó ha megnyitja a „böngésző” ablakot, belép a jelenségek tárába. A meghibásodások, vagy problémák listája a kijelző bal középső ablakánál látható. A jobb alsó kijelzőn a felhasználó a rendszer parancsokat érheti el. Azok a meghatározások, amiket a felhasználó a szójegyzékből tudni akar, az értelmezési felületen található, egy megnyitható ablakban. Ez az ablak a felhasználói felületen a többi ablak előtt elhúzható, mérete változtatható.

„A hajtóműről szóló esettanulmányok” ablak alkalmas a hajtómű különböző részeinél végzett korábbi hibakeresési folyamatok és eredményes javítások is-

mertetésére. Ez az ismeretanyag frissíthető. Végül itt részletes javítási útmutató és vázlatgyűjtemény is található.

A felkínált terjedelmes ismeretanyag bázis, ami hozzávetőlegesen 120 JETA probléma vázlatot tartalmazott, meggyorsította a J-85-ös sugárhajtómű hibakeresési eljárását. A JETA első ismeretanyag értelmezése és az érvelési algoritmus Sun és Symbolics típusú munkaállomáson futott, ART környezetben. A kivitelezés 1988 júniusában kezdődött és az első kész példányt 1988 decemberében mutatták be. Ezek után a rendszert egy gépészmérnökökből álló csapat földi próbáknak vetette alá.

A rendszer más sugárhajtóművekhez történő alkalmazásakor, az adott hajtóműre vonatkozó ismeretanyagot meg kell szerezni. 1989 kezdték meg a General Electric F-404-es hajtóműre a JETA adaptálását.

Később a sugárhajtómű teljesítmény-szimulációját kezdték el fejleszteni, mivel az ilyen modell alkalmazása jó esetben mélyebb szintű diagnosztikai ismereteket nyújtott a JETA számára. Ez második generációs rendszer az akkori tervek szerint valós idejű hajtómű ellenőrzést és diagnosztikát valósított meg. Ennek próbaüzemét a 90-es évek elején kezdték meg.

Ugyanebben az időben az ausztrál szakemberek is hasonló eredményekhez jutottak. Azonban ők is szembesültek egy jelentős problémával: a számítástechnika akkori fejlettsége, az információ tárolása és a processzor működési sebessége komoly akadályt gördített a fejlesztők elé.

Az Ausztrál Védelmi Tudomány és Technológiai Szervezet Repülési Kutató Laboratóriuma, a TF-30-as hajtóműhöz fejlesztett ki egy hibadiagnosztizáló és behatároló rendszert (1989) [3].

Olyan ötletes koncepciót mutattak be, amely iránymutató lehet a rendszerben lévő repülőgépek gázturbinás sugárhajtóművein történő hibakereséseknél. Ez megerősítette azt, hogy a rendszerek fejlesztésére üzemi körülmények között is van lehetőség.

A diagnosztizáló-szakértői rendszerrel a fejlesztők ismét hivatkoztak a kifejlesztett rendszerrel szorosan együttműködő mesterséges intelligenciára. A 80-as évek elején kezdték alkalmazni a légierőnél használt gázturbinás sugárhajtóműveknél a mesterséges intelligenciát, hogy javítsák a hibakeresés hatékonyságát. A szakértői rendszereket általában már létező berendezéseknél alkalmazták, és az általuk nyert információkkal az ismeretanyagot bővítették. Javaslat született egy prototípus megépítésére az F-111-es repülőgép TF-30-as hajtóművéhez, a bemutatott koncepció alapján. A megépített prototípust kezdetben interaktív hibadiagnosztizáló és leválasztó rendszernek nevezték.

A prototípus bizonyítékul szolgált arra, hogy a korábbi erőfeszítések nem voltak hiábavalóak. A Repülési Kutató Laboratórium által kifejlesztett szakértői rendszer gázturbinák karbantartásánál történő diagnosztizálásra volt alkalmas. A szakértői rendszer a képesség fejlesztését úgy biztosította, hogy a legkisebb változtatásokkal alakította ki a rutinvizsgálatokat, a felelőségi köröket és azokat

összekapcsolta a meglévő eljárásokkal. A rendszer gondoskodott arról is, hogy az üzemelés során felmerülő problémák reprodukálhatók legyenek. Ez a képesség lehetőséget adott a műszaki szakemberek képzésére.

F-111C repülőgéphez rendszeresített TF-30-as hajtómű üzemeltetésének teljes története rendelkezésre állt. A hajtómű hibabehatárolási módszerei teljes mértékben kézi erővel történtek, ugyanis még nem volt számítógépes adatbázis a meghibásodásokról. Éppen ezért lehetett azt feltételezni, hogy a rendszer alkalmazásával, az üzemeltetési módszereken való legkisebb változtatás is nagy előnyökkel járhat, amit a hajtómű részletes üzemeltetési történetének megléte segített elő.

Az Ausztrál Védelmi Tudomány és Technológiai Szervezet szakértőiből jött létre a fejlesztést irányító csoport. A szakértők különböző laboratóriumokból, kutatóintézetekből jöttek, de a légierő képviselői is jelen voltak a csoportban. A fejlesztést vezető szakembereket tanácsokkal látták el a prototípus kifejlesztésénél, megvizsgálták a szerződéseket és megbecsülték a prototípus eredményességét.

Az irányító csoport nem szólt bele a hardver és a szoftver részletes fejlesztésébe, de kikötötték a sokoldalú alkalmazhatóságot és a teljesítményt.

Célul tűzték ki, hogy a rendszer legyen képes megfelelni a piac követelményeinek, legyen alkalmas az összes olyan diagnosztikai eljárás elvégzésére, ami a hiba meghatározáshoz szükséges és ne legyen túl költséges a rendszerbeállítása. A prototípus öt hétig próbaüzemen vett részt a légierő egyik bázisán.

Az Ausztrál Légierő F-111C típusú repülőgépeibe Pratt & Whitney TF-30-P3-as hajtómű lett beépítve. Ezeket a repülőgépeket a 60-as években tervezték és nem rendelkeztek ellenőrző rendszerrel. Emiatt a műszaki szakemberek a hajtóművön végzett hibakeresési eljárások során sok nehézségbe ütköztek, ugyanis nem állt rendelkezésükre megfelelő adat az egyes problémával kapcsolatban. Tapasztaltabb műszaki szakemberek felismerték, hogy milyen hiba valószínűsíthető az okok alapján, így a meghibásodások egy része tapasztalat alapján már behatárolható volt. Mivel az Ausztrál Légierő csak kis számban rendszeresített ebből a repülőgép típusból, a már ismert meghibásodások nem fordultak elő túl gyakran, ha egyáltalán a megfelelő műszaki szakemberek ehhez a hajtómű típushoz rendelkezésre álltak. Ezek az okok vezettek ahhoz az elhatározáshoz, hogy egy számítógép alapú szakértői rendszert hozzanak létre. A számítógép intelligens tanácsadó szerepét töltötte be, mivel rendelkezett a mintaként tárolt korábbi meghibásodások okaival. A rendszer interaktív hozzáférést tett lehetővé, viszont nem volt alkalmas az összes felmerülő meghibásodás kezelésére. A rendszert, adatkészletének köszönhetően kiterjedten lehetett alkalmazni, a célrendszer és a tudásalapú rendszer közötti közvetlen kapcsolat esetén, ami több automatikus hibajelzést és behatárolást biztosított.

Kísérleti célból egy repülőgépre telepített berendezéssel, a hajtóművön átfogó hibakeresési eljárást végeztek. Az egyes hajtómű rendszereken az üzemeltetés során

átfogó hibakeresés valósult meg, és a meghibásodott hajtómű rendszerek a hajtóműből kiépítésre kerültek (például a fő- és utánégetés tüzelőanyag szabályzó).

A berendezés alapjául az Intel 80386-os alapú személyi számítógép szolgált, amire Microsoft Windows/386 lett telepítve. A dokumentációk terén a fejlesztők három területen ütköztek nehézségekbe: a hajtómű alapfunkciói, a hajtómű rendszerek és az utánégető rendszer. A hajtómű üzemeltetési tapasztalatai során összegyűlt információkat feldolgozva több mint 300 eljárást alakítottak ki, ami a teljes ismert kör 25%-ára tehető. A valódi probléma csak ekkor adódott, ugyanis a számítógép memóriája nem tette lehetővé a teljes ismeretanyag együttes kezelését. Végül is 4 Megabyte memória elegendőnek bizonyult a rendszer számára (1989) és sikerült kialakítani úgy, hogy elég gyors legyen. Ennél kisebb memória, vagy lassabb processzor jelentősen lerontotta volna a rendszer teljesítőképességét.

A prototípus kifejlesztését, repülőgépbe épített hajtóművön végzett mérések, hibakeresések segítették elő, azonban a további fejlesztéseknél a műszaki szakemberek próbapadi méréseket is végeztek. A rendszer által feldolgozott információk hangár, vagy irodai munkakörnyezetben is felhasználhatók voltak.

A felhasználó, ablak rendszerű felhasználói felület segítségével, lehetőséget kapott az üzemeltetési tapasztalatok rendszerezett gyűjtésére, a már ismert problémákkal való összehasonlításra és ismereteinek bővítésére. A rendszer a körülmények ismeretében meghibásodási okokat kínált fel, mintegy konzultációt folytatva a műszaki szakemberrel. Az összegyűlt üzemeltetési tapasztalatok a későbbi fejlesztésekhez elengedhetetlenül szükségesnek bizonyultak.

A földi tesztek és az azt követő bemutatók rávilágítottak arra, hogy ez az egyszerűen használható felhasználói felület nagyon jó fogadtatásra talált, elsősorban a kezdő számítógép felhasználók körében. A könnyen értelmezhető rendszerkörnyezet, információkijelzés lehetővé tette, a kezelőszemélyzet rövididejű átképzését.

A hajtóműről szóló ismeretek két forrásból táplálkoznak: a hibakeresési útmutatóból, amit a hajtóműgyártók készítenek, és az idősebb műszaki szakemberek üzemeltetési tapasztalataiból. Mindkét helyről érkezhetsz azonban hibás információ. A normál hibakeresési eljárás megenged kisebb egyszerűsítéseket és nem ad gyors megoldást a hiba megtalálására, kivéve egyértelmű meghibásodásnál. A személyes tapasztalat sokszor vezet közvetlenül a megoldáshoz, és csak akkor, ha a meghibásodás ebben a vonatkozásban már ismert. A Repülési Kutató Laboratórium korábbi tanulmányai már bemutatták azt, hogy a műszaki szakemberek egy problémát hogyan közelítenek meg. Egy szakember azokat az ismereteket alkalmazza, amelyeket a berendezés hibakeresési útmutatója közöl. A megközelítés legnagyobb problémája a leírt szerkezetnél, a szakmai ismeretek kötöttsége. Ennek az a gyengesége, hogy magába foglal valószínűtlen meghibásodásokat, elhagy lehetséges meghibásodásokat és sok kérdést hagy megválaszolatlanul.

A prototípus kezdeti változata számos meghibásodási okot ismertetett. A lehetséges okokból nyilvánvalóan kitűnt, hogy egymással nem összefüggő problémákról van szó.

Két olyan megközelítés került ismertetésre, ami megkísérelte feloldani a nehézségeket.

Az első megközelítésben a fejlesztők megállapodtak a hajtóműgyártóval (Pratt & Whitney), hogy adjon tanácsokat a probléma meghatározás fizikai alapjaira, kérdések születtek a hibakereséstől és okozati kapcsolatoktól a tényleges meghibásodásokig. Ez a lépés fontos ismeretekkel szolgált a fejlesztéshez. A fejlesztő csapat ellátogatott a hajtómű gyártóhoz a prototípussal, és a rendszer által készített vizsgálati eredményeket összehasonlították a gyártó mérnöki gárdája által végzett hasonló mérésekkel. Az eredmények feldolgozásával számos eljárást tisztáztak, és jó néhány hibát kiküszöböltek, ami gondok forrása lehetett. Az új eredmények alapján a prototípus egy javított változatát készítették el, amit a hajtómű gyártónál további tesztek alá vetettek.

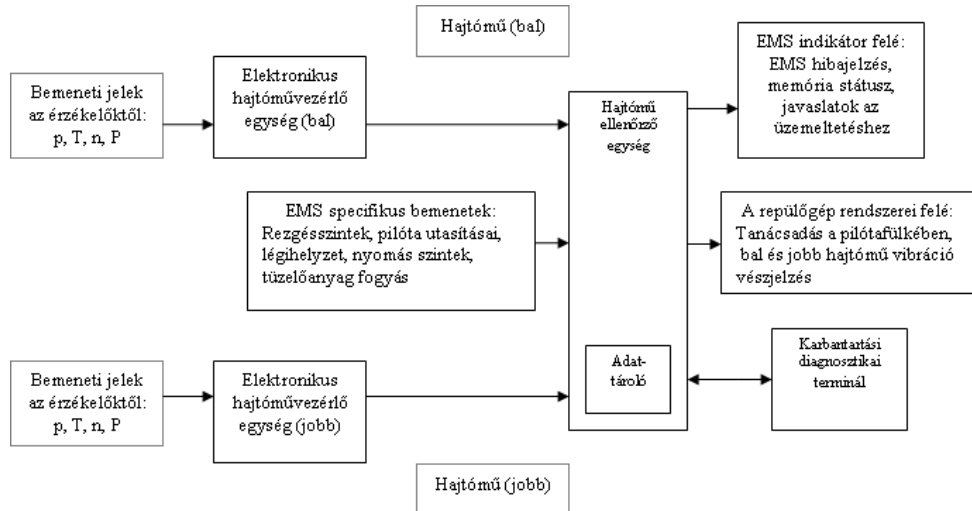
Olyan igény született, hogy a hajtóműgyártó a hibakeresési útmutató elkészítésénél valamennyi feltárt meghibásodási mintát hasznosítsa, vizsgálja felül a hajtómű megbízhatósági adatait, és a lehetséges módosításokat integrálja a fejlesztéseibe.

A második megközelítésben, a szakmai ismeretekben rejlő ellentétekre kerestek megoldást. Ez egy olyan mechanikai alapokon nyugvó minőségi modell létrehozását foglalta magába, amin a meghibásodási okok vizsgálhatók. A hibadiagnosztizáló és behatároló rendszer ismert okokra visszavezethető meghibásodások feldolgozásával lett tervezve. A rendszer ellenőrző procedúrája a hajtómű fizikai felépítéséből különböző sajátos meghibásodásokra és azok okaira tett következtetéseket. Ha a vizsgálat nem mutatta ki a hiba okát, akkor a hibadiagnosztizáló és behatároló rendszer által még lehetőség volt a hiba behatárolására. Az elméletet kipróbálva, sajátos meghibásodásra utaló jeleket figyeltek meg a vizsgált hajtómű üzemelésekor. A meghibásodásra utaló jeleket megvizsgálták a diagnosztikai rendszerrel, ami pontosan meghatározta a hiba eredetét. A kísérletekkel arra mutattak rá, hogy teljes körű ismeretanyagot kell összegyűjteni a lehetséges meghibásodásokról. A további munkák olyan eljárások kialakítását célozták, amelyek ez utóbbit valósítja meg. A végső fizikai modell segítségével minél jobban meg kell közelíteni a hibás (valós) modellt, és így nem szükséges a hajtómű üzemeltetőjének tapasztalatára hagyatkozni.

Ezzel a két megközelítéssel a szakemberek közelebb kerültek a meghibásodás valós okainak feltáráshoz, és nyilvánvalóvá váltak a meglévő dokumentációkban lévő eltérések.

Az állapotdiagnosztika fejlődése együtt járt, és ma is együtt jár a számítástechnika fejlődésével. A fejlesztés során ideális állapotnak tekinthető, ha a hajtóműről szóló elméleti ismeretek, a gyakorlati tapasztalatok és a megfelelő számítástechnikai háttér rendelkezésre áll.

Napjaink legkifinomultabb hajtómű ellenőrző rendszerei (Engine Monitoring Systems – EMS) teljesítenek szolgálatot számos katonai repülőgépen (lásd 7. ábra) [4]. A B–1B, az F–16C, az E–2C és a fejlesztés alatt álló P–7A típusú repülőgépekben összegyűjtik és elemzik a különböző hajtómű adatokat, vészjelzést adnak a légijármű személyzete számára a pilótafülke jelzőablóján különleges helyzet esetén, és esetenként a földi kiszolgáló személyzetet is értesítik.



7. ábra. Tipikus hajtómű ellenőrző rendszer

A hajtómű rezgésdiagnosztikai mérését kiegészítik a fordulatszám, hőmérséklet, nyomás, hajtómű üzemmód, életciklus és dátum adatokkal, amely minden hajtómű-nél része az üzemeltetési naplónak. Az adatok értelmezése, és a tapasztalatok is igazolják, hogy jelentősen csökkenthető a beavatkozás és nagyjavítások költsége.

Mielőtt a hajtómű ellenőrző rendszereket alkalmazták volna, a légijármű személyzete és a földi kiszolgáló személyzet a fedélzeti hajtómű ellenőrző műszerek szerint állapították meg a hajtómű állapotát. Kézzel írt üzemeltetési napló és a repülés utáni eligazítások során elmondott tapasztalatok alapján végezték a hajtómű földi üzemeltetését. Mivel a földi szakszemélyzet is érdekelt volt a repülés biztonságát illetően, érzékelőket helyeztek a kritikus pontokra, és földi hajtóműpróbán ellenőrizték a felmerült kérdéseket. Az üzemeltetés során több hajtómű ellenőrzést végeztek, és több ellenőrző repülést írtak elő a javítások alatt. Ez az eljárás, nemcsak hogy költségesebb volt, hanem a probléma megoldása előtt sokszor a repülőgépet feladatra is el kellett küldeni.

Az F–16-oson alkalmazott számítógépes hajtómű ellenőrző rendszer fedélzeti változatai feldolgozzák, kijelzik és tárolják az adatokat, ami letölthető a földi üzemeltetés során. Már több mint 1000 ilyen berendezés lett telepítve az F–16-osokon világszerte. A rendszer a hajtómű ellenőrzéseken túl feldolgozza az adatokat, és

elkülöníti a meghibásodásokat. Az adatgyűjtés támogatja a trend analízist és az életciklus követést. Biztosítja még a repülési adatrögzítést, az engedélyező állapotot és az összeköttetés lehetőségét a földi támogató szoftverrel. A hajtómű élettartam követéséhez az alábbi adatok szükségesek: hajtómű üzemidő és üzemciklus, amely magába foglalja a teljes hajtómű üzemidőt és a légi üzemidőt; üzemidő számláló, hajtómű indítási ciklus számláló adatai; nagynyomású turbinalapát hőmérséklet; alacsonyciklusú kifáradási szám; teljes termikus ciklus és közepes utazó ciklus.

A diagnosztikai célú hajtómű ellenőrzések egyszerűen kimutatnak olyan üzemi határérték túllépéseket, mint túlhevülés, túlnyomás és fordulatszámugrás, amit hajtómű üzemi ciklusok szerint jegyeznek és az üzemi állapotadatok után, mint rendellenességet jeleznek. A legújabb rendszerek által sokkal több adathoz juthatunk, mint korábban. Egy tanulmány szerint, amely átfogó hajtómű ellenőrző rendszerekkel felszerelt repülőgépekről szól, az amerikai haditengerészet 30 000 repült órát jegyzett két repülőszázadban úgy, hogy egy repülőgépet sem veszítettek.

Az EMS alapvetően rezgésmérésre épül. A sugárhajtómű részei úgy, mint forgórészek, turbinák, csapágyak, áttételházak, lapátok, frekvenciákat keltenek, egyedi amplitúdókkal. A részegységek jellemző rezgésképet hoznak létre, amit a hajtómű és a sárkányszerkezetet gyártó cég előzetesen kimért. A hajtóművek, amíg azokon normál frekvenciaspektrum észlelhető, rendkívüli igénybevétel alatt üzemelnek. Ha a spektrum egyes frekvenciasávjai azonosítva lettek, akkor azok változásai utalhatnak a hiba forrására.

Például az áttételház által gerjesztett rezgések 200 Hz körül találhatóak. Ha a frekvenciasáv határát meghaladja a mért jel, valószínű, hogy a fogaskerék fogakat veszített. Hasonlóképpen a kompresszorban, ami 250 Hz körüli frekvencián ad jelet, a vibráció egy szintje kezdődő lapátrepedést jelezhet. A lapátkoszorúknál mért változó szintű jelek kiegyensúlyozatlanságra utalhatnak. Ezek az információk megszerezhetőek a hajtómű szétbontása nélkül, és felbecsülhetetlen értéket képviselnek az üzemeltetés számára.

A rezgésanalízis előtt, egy egyszerűnek tűnő problémát kell megoldani. Kis amplitúdójú jeleket kell észlelni, magas zajszintű háttérből, keskeny sávokra összpontosítva. Az észlelt jelekből nagyszámú frekvenciakomponens elemzése történik. A nehézségek áthidalása érdekében, ún. követő szűrőket és jelkondicionálókat alkalmaznak az új rendszerek. Egy forradalmian új jelkövető, rögzített analóg összetevők mérése helyett digitális feldolgozás útján, nagy rugalmassággal határozza meg a frekvenciákat. Ahogy ezek a szűrők elfogadottak lettek, a valós alkalmazásuk is megindult, mivel egyszerűen illeszthetők frekvenciaelemező szoftverekhez.

A példaképpen ismertetett EMS, a mérőcsatornákról érkező rezgésjelek elemzésénél 32 bites lebegőpontos processzort használ. A véletlen zajokat a mintavételezés szinkronizálásán alapuló átlagolással szűri ki. Az algoritmus pontos rezgés amplitúdó adatokat közöl, amely megállapítja, ha meghibásodás jön létre és összeveti más paraméterekkel. Ez biztosítja a számítógép számára,

hogyan az üzemelő hajtómű állapotáról döntést tudjon hozni. A rendszer képes kiválasztani a szignifikáns információ halmazokat. Nagymennyiségű mérési eredmény tárolása ugyanis kockázatos lehet. A korlátozott méretű memória számára csak a lényeges információk tartandók meg.

Ha probléma következik be, az adatok nem csak egyszerűen feljegyzésre kerülnek. Folyamatosan, különböző hosszúságú hajtóműjellemző együttes kerül tárolásra az esemény bekövetkezése előtt és után is. Ez lehetőséget teremt az állapotanalízis során a hibabehatárolásra.

Az automatikus adattárolás kiegészítéseként, a rendszer megkapja a pilóta által a pilótafülkében feljegyzett hajtómű állapotokat. Bármilyen esemény adatai azonnal rögzíthetők egy gombnyomással.

Miután az információ összeáll a fedélzeten, letölthető a földi kiszolgáló személyzet számára és kielemezhető. Minden egyes repülőgép részére megelőző üzemeltetési program dolgozható ki. A műszaki személyzet kitolhatja a hajtómű nagyjavítás időpontját, ha a hajtómű jól üzemel, és különös figyelmet fordíthat a hajtóműre, ha probléma merül fel.

Egy, az amerikai haditengerészet korai EMS-ről szóló tanulmánya szerint két repülőszázad jelentette, hogy az egy üzemóra eső hajtómű karbantartás 0,32 munkaórát vett igénybe, összehasonlítva olyan repülőszázaddal, ahol nem lett rendszeresítve a berendezés. Ott ez az érték 0,62 munkaóra volt, tehát a javulás közel 50%-os. Más tanulmányok szerint az idő előtti hajtómű kiépítés EMS-sel rendelkező századoknál 2,2/1000 óra, míg a flottaátlag EMS nélkül 3,4/1000 óra volt. A felszerelt repülőszázadok 3979 órát repültek a csapatpróbák alatt, míg a nem felszerelt századok csak 2656 órát, hasonló körülmények között. Kiegészítésként megjegyzendő, hogy EMS segítségével lehetőség van a hajtómű optimális beállítására forszírozott üzemmódok esetén, amely jelentős megtakarítást eredményezhet.

A rendszert egy szállító repülőgépen (légi harcállásponton) munkaállomásba integrálva, az adatok kiértékelhetők a repülés során, illetve megjeleníthetők kijelzőn. A rendszer alkalmazható helikopternél és nem sugárhajtóműves légi járműveknél is. A későbbi generációjú EMS-ek könnyebbek és kisebbek lesznek a nagyobb memória és gyorsabb processzor miatt. Ezen előnyök miatt elérkezett az idő, hogy a legtöbb repülőgép EMS támogatással üzemeljen, kihangsúlyozva a repülésbiztonságot és az üzemeltetés hatékonyságát.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. Instrumentation in the Aerospace Industry, Vol. 17. Aerospace Instrumentation Symposium, Las Vegas, 1971.
2. Jet Engine Technical Advisor (JETA), National Research Council of Canada, Ottawa, 1989.
3. Concept Demonstration of the Use of Interactive Fault Diagnosis and Isolation for TF-30 Engines, Australian Defence Science and Technology Organisation Aeronautical Research Laboratory, Australia, 1989.
4. AMTEK Aerospace Products, Wilmington, 1990.

A REPÜLŐGÉP–VEZETŐ KRITIKUS PARAMÉTEREINEK KOMPLEX VIZSGÁLATA AZ OLDALIRÁNYÚ IRÁNYÍTÁSI CSATORNÁBAN

I. BEVEZETÉS

A fogyasztói társadalmak egyik sajátos velejárójaként a vásárló szinte minden nap találkozik ezzel a kérdéssel, hogy „*megvegyem?*”, „*ne vegyem meg?*” Mit tegyünk, ha a karácsonyi vásár forgatagában a gyerek toporzékolva ordít, hogy *ezt* a modellt szeretné megkapni ajándékba? Szerencsések vagyunk, ha a hön áhított modell egy hajó-modell, mert a hajóvezetést a gyerek a fürdőkádban fogja gyakorolni, és a kormányzás-irányítás hibáinak első következményeit, ha marad egyáltalán nyoma, nemes egyszerűséggel lesúrolhatjuk a kád faláról.

Kevésbé vagyunk szerencsések, ha a kiválasztott modell autó-modell, mert így már – tekintet nélkül az időjárás viszonyaira – ki kell menni a szabadba, és keresni kell egy megfelelő pályát, ahol a jármű akár csúcsra is járatható. Ebben az esetben már előfordulhat, hogy egy fordulónál felborul a szerkezet, esetleg nagy sebességgel beleütközünk valamilyen idegen tárgyba, ne adj’ isten, nézelődő emberbe. Az anyagi kár mellett ebben az esetben már személyi sérülés is történhet.

Ha a gyermek, esetleg felnőtt által óhajtott modell repülőgép-modell, nos... ekkor vagyunk a legnagyobb bajban! Megvegyük?! Ne vegyük?! Ki fogja repülni, ha a papa is legfeljebb csak filmekben látott valami hasonlót – szerencsésebb esetben. Képes-e a gyerek arra, hogy magabiztosan, megbízhatóan repülje a modellt, és ne okozzon sem kárt, sem személyi sérülést?! A kérdés – a klasszikusat alapul véve, és aktualizálva azt a mi esetünkre, – most így is feltehető: „*to fly, or not to buy?*” Természetesen, a fenti esetekben a fogyasztónak/vásárlónak be kell látnia, hogy most nem építőköveket vásárol, hanem olyan eszközöket, amelyek – szélsőséges esetben – akár az azt működtetőre, vagy a környezetre is veszélyes lehet. Szerencsésebb esetben csak a modell vész oda, más esetben komolyabb következményekkel kell számolni. Az elmúlt évek eseményei azt igazolják, hogy még tapasztalt modell repülőgép-vezetők is elveszíthetik az irányítást a gépük felett, és ez, sajnos, még emberélet(ek)be is kerülhet.

Miért fontos e téma kimerítő, és alapos kutatása? E kérdés maradéktalan megválaszolása olyan eredményre is vezethet, hogy be kell látni, hogy valakinek a képességei nem elegendőek vagy nem megfelelőek modell-repülőgép vezetéshez, bár a

mini-repülőgép néhány tízezer forintos árát akár sokszorosan is meg tudja fizetni. Az utóbbi években, rohamos mértékben megnőtt a modell-repülőgépeket repülő, a pilóta nélküli repülőgépeket vezetők száma, akik – sokszor – semmilyen előképzéssel sem rendelkeznek. Találkozhatunk velük repülőterek elzárt szegleteiben, városszéli mezőkön, vagy akár nagyobb parkolóhelyeken is.

A pilóták viselkedésének matematikai modellezése már igen hosszú ideje kutatott területe az automatikus repülésszabályozásnak. Számos szakirodalom is foglalkozik az operátorok matematikai modellezésével, amely terület magába foglalja az emberi test fiziológiai jellemzőinek, és az emberi gondolkodás sajátosságainak matematikai modellezését is. A kutatók nagyon sokféle matematikai modellt állítottak fel. Mindazonáltal, olyan összefoglaló munkát, amely komplex módon kezeli a repülőgép-vezető paramétereinek változását, tudomásom szerint, eddig még nem publikáltak. Elfogadott gyakorlat, hogy a rendszervizsgálatok során egy-egy paraméter kritikus értékét meghatározzák, de a lehetséges vizsgálatok közül csak önkényesen kiválasztott mennyiségűt végeznek el, és hivatkozva a számítási analógiára, más számításokat nem végeznek. A további számításokat mellőzik.

Ismert tény, hogy a repülőgépek, így többek között a modell-repülőgépek is, több irányítási csatornával rendelkeznek. A repülőgépek térbeli irányítását a magassági kormány, a csűrőlapok, az oldalkormány, illetve a motorvezérlés biztosítja. Elmondható tehát, hogy a repülőgép egyszerűbb esetben is négy bemenettel rendelkezik, míg az irányított paraméterek száma néhányszor tíz is lehet (pl. repülés sebesség, függőleges sebesség, oldalirányú csúszási sebesség, repülési magasság, megtett út, oldalkoordináta, dőlési szög, bólintási szög, irányaszög, siklópálya-szög, iránypálya-szög, pályaszög stb.).

Tekintettel arra, hogy a repülés során az operátor a repülési paraméterek nagy részét kézi beavatkozással irányítja, felmerül a kérdés, hogy a kezelő, aki általános esetben nem tanult repülőgép-vezető, boldogul-e ezzel a bonyolult irányítási rendszerrel? Képes-e minden esetben kézben tartani a modell kormányzási folyamatát, még olyan esetekben is, mikor szemben repül saját magával, esetleg olyan manővert hajt végre, amikor a repülőgépe átesik, vagy ahhoz nagyon közel kerül?

A szerző célja összefoglalni a pilóták tevékenységének matematikai modellezésére vonatkozó fontosabb elméleti és gyakorlati ismereteket. A cikkben a szerző az oldalirányú irányítási csatornában vizsgálja meg és számítja ki a repülőgép-vezető paramétereinek kritikus értékét. A cikkben a szerző által bemutatott módszer természetesen kiterjeszhető, és alkalmazható más irányítási csatornákra is.

II. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az emberi szervezet egyes részeinek (pl. látás, izomrendszer, idegrendszer), valamint a repülőgép-vezetők tevékenysége matematikai modellezésének elmé-

leti alapjait McRUER és KRENDEL fektették le [1]. Ez a forrás alapműnek számít a témában. A forrás részletesen foglalkozik az ember-gép kapcsolattal, a szabályozási körökben szükséges beavatkozó tevékenység matematikai leírásával. A szerzők külön fejezetet szentelnek az egyváltozós-, illetve a többváltozós szabályozási rendszerekben végrehajtott tevékenység matematikai- és irányítás-elméleti vizsgálatával. A matematikai modellek mindezek mellett attól is függenek, hogy milyen jellegű bemeneti jelet kell követni a repülőgép-vezetőnek. A könyv érdekes területe a precíz navigációs feladatok körének (pl. támadó légi harc, védekező légi harc, irányított rakéta földi célra történő rávezetése) vizsgálata. E rövid kutatási jelentés készítői 138 irodalmat dolgoztak fel a műben. A szerzők először adták meg a *paper pilot* fogalmat, amely később széleskörű alkalmazást nyert a repülésszabályozó rendszerek vizsgálatára során.

АСЛАНЯН részletesen taglalja a repülőgép parancsüzemű, kézi irányítása esetén a repülőgép-vezető alapjel követésének tulajdonságait. Az egyes vizsgálatokat a klasszikus szabályozástechnika módszereit alkalmazva, alapvetően frekvenciatarományba a Bode-diagramok segítségével végzi el [2].

КРАСОВСКИЙ, БАВИЛОВ, és СУЧКОВ szintén a klasszikus matematikai modellezést alkalmazza, és mutat be néhány vizsgálati eredményt is. Megadják többek között azokat a jellemző paramétereket is, amelyek egy felkészült repülőgép-vezetőre jellemzően alkalmazhatóak [3].

McLEAN a repülőgép-vezetők klasszikus (átviteli függvényekre épülő), és modern matematikai modelljeit (állapotér-módszer) adja meg. A megadott matematikai modellek teljes körűek, és jól alkalmazhatóak a szabályozási rendszerek vizsgálatára során. Megjegyezni szükséges azonban, hogy a repülőgép-vezetők átviteli függvényeit csak az ún. Padé-approximáció elsőfokú közelítésével adja meg. A gyakorlatban előfordulhat, hogy ez a közelítés nem elégséges, és magasabb fokszámú, harmad-, negyed-, ötöd-, esetleg magasabb fokszámú közelítő összefüggést kell alkalmazni [4].

DORF és BISHOP megadja az általános alakú, ún. lineáris operátor matematikai modelljét, amely nemcsak a repülőgép-vezetőkre, hanem a jármű-vezetőkre, és minden, más típusú emberi kezelőre is lehetővé teszi a modell alkalmazását. Nyilvánvaló, hogy a modell-paraméterek ekkor lényeges mértékben eltérnek egymástól [5].

A cikk szerzője támaszkodik korábbi munkáinak eredményeire: a [6] irodalomban összefoglalja, és megadja az egyváltozós, illetve a többváltozós szabályozási rendszerek stabilitásvizsgálatának módszereit, és e vizsgálatokra gyakorlati példákat mutat be. A [7] könyvben a szerző a nemirányított, illetve az irányított repülőgépek térbeli mozgásának matematikai modelljeit vezeti le az általános mozgásegyenletekből. A könyv melléklete számos repülőgép típus hosszirányú, és oldalirányú dinamikájának matematikai modelljét adja meg, amelyeket e

cikkben is használ a szerző. A [8] irodalom összefoglaló mű a repülőgép-vezetők matematikai modellezésével kapcsolatban. A szerző számos számítógépes szimuláció eredményét mutatja be. A *pilot-in-the-loop*¹ problémákkal, valamint a repülőgép-vezetők kritikus paramétereinek megállapításával a [9] cikk foglalkozik. A cikkben a szerző a stabilitásvizsgálati módszerek új alkalmazási területeként javasolja azok gyakorlati alkalmazását a repülőgép-vezető kritikus paramétereinek megállapítására.

III. AZ EMBERI TEVÉKENYSÉG MATEMATIKAI MODELLEZÉSE

Az emberi tevékenység matematikai modellezésére a gyakorlatban számos módszer, és sok modell ismert, ezek közül a fontosabbak az alábbiak [2, 3, 4, 5, 8, 9]:

- **PH-modell** (arányos-holtidős modell). Az egyik legegyszerűbb matematikai modell. Gyakorlati alkalmazása a repülésben sem ritka, de inkább a gépjármű-vezetők matematikai modellezése területén (pl. sebesség stabilizálás, követési távolság megtartása stb.), valamint egyéb más kezelői műveletek matematikai modellezésekor szokás alkalmazni.
- **PDH-modell** (arányos-differenciáló-holtidős modell). A repülőgépek irányítása, kézi vezetésének irányításelméleti vizsgálata során alkalmazott egyik leggyakoribb módszer. Az emberi tevékenység modellezésére megfelelően pontos, és a matematikai modell sem túlságosan bonyolult.
- **PDT1H-modell** (arányos-differenciáló-egytárolós-holtidős modell). A fenti PDH matematikai modellnél pontosabb, de valamivel bonyolultabb matematikai modell, amelyet szintén gyakran alkalmaznak a vizsgálatok során.
- **PDT2H-modell** (arányos-differenciáló-kéttárolós-holtidős modell). A jelenleg alkalmazott legpontosabb, egyben legbonyolultabb matematikai modell, amelynek gyakorlati alkalmazását korlátozhatja a holtidő magasabb rendű Padé-approximációs közelítése, amely kézi számítások esetén nagyon megnéhezíti a modell gyakorlati alkalmazását.

E cikkben a szerző a PDH-modellt (arányos-differenciáló-holtidős modell) alkalmazza, amely a továbbiakban a modellezéshez kellő pontosságot, és a számításokhoz relatív egyszerűséget biztosít.

A PDH matematikai modell az alábbi egyenlettel adható meg [1, 4, 8, 9]:

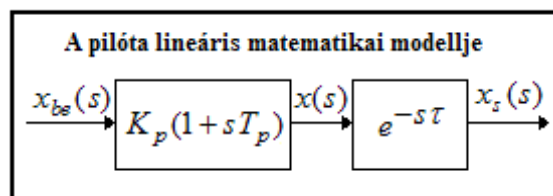
$$Y_p(s) = \frac{x_s(s)}{x_{be}(s)} = K_p(1 + sT_p)e^{-\tau s} \quad (3.1)$$

¹ repülőgép-vezető a repülőgép irányítási rendszerben

A 3.1. egyenletben:

- $x_{be}(s)$ a repülőgép-vezető „bemeneti jele”, az a referencia jel, amit a repülőgép-vezetőnek tevékenysége során követnie kell;
- $x_s(s)$ a repülőgép-vezető „kimeneti jele”, más szóval, válasz jele;
- K_p a repülőgép-vezető erősítési tényezője, melynek értéke általában: $K_p = (5 - 10)$. A bemeneti jel frekvenciájának növekedésével a pilóta erősítési tényezője csökkenő tendenciát mutat [4, 8, 9].
- T_p a repülőgép-vezető valós differenciálási (predikciós) időállandója, amely a repülőgép-vezető azon képességét reprezentálja, hogy a pilóta rendelkezik egyfajta „előre látással” és akár képes megelőzni a kimeneti jel bizonyos jellegű nemkívánatos változásait is. Általában igaz, hogy $T_p = (1,0 \dots 1,5) s$.
- $\tau > 0$ a repülőgép-vezető holtideje, amely megadja, hogy a pilóta milyen késéssel reagál a bemeneti jel változásaira. Általában igaz, hogy: $\tau = (0,1 \dots 0,5) s$ [4, 8, 9].

A 3.1 egyenlet alapján a repülőgép-vezető hatásvázlata könnyen megrajzolható, és az a 3.1. ábrán látható.



3.1. ábra. A repülőgép-vezető PDH lineáris matematikai modellje.

Ismeretes, hogy a holtidő transzcendens függvény, és teljes pontossággal csak végtelen sorral írható le. A holtidő közelítésére a Padé–approximációt szokás alkalmazni, amelynek általános képlete az alábbi egyenlettel adható meg:

$$e^{-\tau s} \cong P_d(s) = \frac{N_d(s)}{D_d(s)} = \frac{\sum_{k=0}^n (-1)^k c_k \tau^k s^k}{\sum_{k=0}^n c_k \tau^k s^k} \quad (3.2)$$

A (3.2) egyenletben szereplő együtthatót az alábbi kifejezéssel határozhatjuk meg:

$$c_k = \frac{(2n-k)! \cdot n!}{2n! \cdot k! \cdot (n-k)!}; \quad n = 1, 2, 3, 4, \dots; \quad k = 0, 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.3)$$

$n=1$ esetén a (3.3) együtthatók az alábbiak lesznek:

$$c_0 =; c_1 = \frac{1}{2} \quad (3.4)$$

A holtidő (3.2) közelítő egyenlete az alábbi alakban írható fel:

$$e^{-\tau s} \cong \frac{N_d(s)}{D_d(s)} = \frac{(-1)^0 c_0 \tau^0 s^0 + (-1)^1 c_1 \tau^1 s^1}{c_0 \tau^0 s^0 + c_1 \tau^1 s^1} = \frac{1 - \frac{\tau}{2} s}{1 + \frac{\tau}{2} s} \quad (3.5)$$

n=2 esetén a (3.3) együtthatók az alábbiak lesznek:

$$c_0 =; c_1 = \frac{1}{2}; c_2 = \frac{1}{12} \quad (3.6)$$

A holtidő (3.2) egyenlete most az alábbi egyenlettel adható meg:

$$e^{-\tau s} \cong \frac{(-1)^0 c_0 \tau^0 s^0 + (-1)^1 c_1 \tau^1 s^1 + (-1)^2 c_2 \tau^2 s^2}{c_0 \tau^0 s^0 + c_1 \tau^1 s^1 + c_2 \tau^2 s^2} = \frac{1 - \frac{\tau}{2} s + \frac{1}{12} \tau^2 s^2}{1 + \frac{\tau}{2} s + \frac{1}{12} \tau^2 s^2} \quad (3.7)$$

A (3.2) egyenletben folytatva az együtthatók számítását (a (3.3) egyenlet szerint), a magasabb rendű Padé-approximációs együtthatók könnyen kiszámíthatók. A gyakorlatban, általában az „egyszerűbbtől a bonyolult felé” elvet szokás alkalmazni. Ha az alacsonyabb rendű approximációs egyenlet nem alkalmazható, mert nagy hibával közelíti a valós holtidőt, akkor fokozatosan kell áttérni a magasabb rendű közelítő összefüggésre. Általánosan alkalmazható módszer a szükséges approximációs fokszám meghatározására nem ismert, ezért minden egyes esetben, figyelembe véve a rendszerdinamikai jellemzőket is, külön-külön kell megállapítani a szükséges közelítő modell alakját. Természetesen, a mérnöki tapasztalat és az intuíció ezt a folyamatot nagyban gyorsíthatja.

IV. A REPÜLŐGÉP–VEZETŐ KRITIKUS PARAMÉTEREINEK MEGHATÁROZÁSA

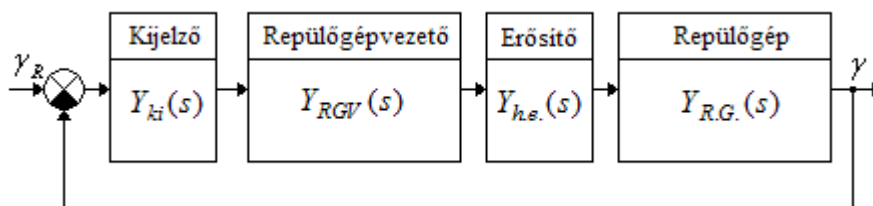
A repülőgépek, helikopterek, illetve a pilóta nélküli repülőgépek félautomatikus, parancskövető vezetése során az egyik megoldandó feladat a parancsközlő műszereken közölt, vagy a kijelzőkön megjelenített információk követése–, illetve az egyes műveletek (pl. emelkedés, süllyedés, gyorsítás, lassítás, fordulás) végrehajtása. Könnyen belátható, hogy eme műveletek végrehajtása során a kezelő,

másképpen fogalmazva, a repülőgép-vezető, más-más matematikai modellel írható le [3, 4, 5, 8, 9].

A továbbiakban a repülőgép-vezető tevékenységét olyan szabályozási körben vizsgáljuk, amelyben feladata mindösszesen egy paraméter követése. Megjegyezni szükséges azonban, hogy a valós légi járművek irányítása során, természetesen, nagyszámú repülési paramétert kell követni, de az egyszerűség miatt most ettől elvonatkoztatva csak egy paraméter követését vizsgáljuk. A repülőgép-vezető irányítási rendszerben kifejtett tevékenységét a 4.1. ábrán vizsgáljuk.

4.1 A repülőgép-vezető τ_{krit} kritikus holtidejének meghatározása

Határozzuk meg a repülőgép-vezető holtidejének azon τ_{krit} értékét, amely esetén a zárt szabályozási rendszer a stabilis működés határára kerül. Másképpen fogalmazva, határozzuk meg a holtidő azon értékét, amely esetén a repülőgép-vezető nem képes lekövetni a számára kijelzett és követni előírt referencia jelet. A repülőgép-vezető által megoldandó feladat legyen a repülőgép dőlési szöge – kijelzőn megjelenített – $\gamma_R(t)$ referencia értékének követése.



4.1. ábra. Repülőgép-vezető a repülőgép szabályozási rendszerében

A repülőgép vezetéséhez szükséges információkat a repülőgép-vezető részére kijelzőn jelenítik meg. A továbbiakban feltételezzük, hogy a kijelző holtidő- és időkéésés nélküli, gyors információ megjelenítést tesz lehetővé, ezért annak átviteli függvényét egységnyi erősítésűnek tekintjük, vagyis [4, 6, 8, 9]:

$$Y_{ki}(s) = 1 \quad (4.1)$$

A hidraulikus erősítő átviteli függvénye vizsgálataink során legyen a következő [2, 3, 4]:

$$Y_{h.e.}(s) = \frac{20}{20 + s} = \frac{1}{1 + 0,05s} \cong 1 \quad (4.2)$$

A cikkben vizsgált repülőgép oldalirányú, rövidperiodikus mozgásának ún. egyszabadságfokú matematikai modellje, bemeneti jelnek tekintve a csűrőlapok differenciális szögkitérését, míg a repülőgép válaszejele a dőlési, az alábbi átviteli függvényvel írható le [2, 3, 4, 7, 9]:

$$Y_{R.G.}(s) = \frac{\gamma(s)}{\delta_{cs}(s)} = \frac{0,21}{s(s+0,9)} \quad (4.3)$$

A repülőgép-vezető matematikai modelljét, és a szimuláció során alkalmazott paramétereket az 1. táblázat foglalja össze [8, 9].

A repülőgép-vezető matematikai modellje

1. táblázat

A repülőgép-vezető modelljének típusa	A repülőgép-vezető modelljének átviteli függvénye	A repülőgép-vezető modelljének paraméterei
PDH	$Y_{RGV} = K_p(1 + sT_p) e^{-\tau s} \cong$ $\cong K_p(1 + sT_p) \frac{1 - \frac{\tau}{2}s}{1 + \frac{\tau}{2}s}$	$K_p = 10$ $T_p = 1s$

Határozzuk meg a repülőgép-vezető holtidejének azon τ_{krit} kritikus értékét, amely esetén a 4.1 ábrán látható szabályozási rendszer a stabilis működés határára kerül! E paraméter megállapításához végezzük el a 4.1 ábrán látható szabályozási rendszer stabilitás vizsgálatát. A 4.1 ábrán látható zárt szabályozási rendszer alapjelre vonatkoztatott eredő átviteli függvénye – figyelembe véve a (3.1), (3.2), (4.1), (4.2), és a (4.3) egyenleteket – az alábbi összefüggés alapján határozható meg [2, 3, 4, 5, 6, 9]:

$$\begin{aligned}
 W(s) &= \frac{\gamma(s)}{\gamma_R(s)} = \frac{Y_{ki}(s)Y_{RGV}(s)Y_{HE}(s)Y_{R.G.}(s)}{1 + Y_{ki}(s)Y_{RGV}(s)Y_{HE}(s)Y_{R.G.}(s)} = \frac{Y_{RGV}(s)Y_{R.G.}(s)}{1 + Y_{RGV}(s)Y_{R.G.}(s)} \\
 &= \frac{10(1+s) \frac{1 - \frac{\tau}{2}s}{1 + \frac{\tau}{2}s} \frac{0,21}{s(s+0,9)}}{1 + 10(1+s) \frac{1 - \frac{\tau}{2}s}{1 + \frac{\tau}{2}s} \frac{0,21}{s(s+0,9)}} = \frac{0,21 \cdot (10 + 10s)(1 - \frac{\tau}{2}s)}{(s^2 + 0,9s)(1 + \frac{\tau}{2}s) + 0,21 \cdot (10 + 10s)(1 - \frac{\tau}{2}s)} \quad (4.4)
 \end{aligned}$$

Szabályozástechnikából ismeretes, hogy a zárt szabályozási rendszerek stabilitásának vizsgálatára számos módszert alkalmazhatunk. A rendelkezésünkre álló módszerek közül válasszuk a Hurwitz-módszert, amely algebrai közvetett stabilitásvizsgálati módszer. A módszer lényege: a karakterisztikus egyenlet gyökeinek kiszámítása nélkül, a karakterisztikus egyenlet együtthatói alapján lehetővé teszi a stabilitás eldöntését. A stabilitási kritérium az alábbiak szerint fogalmazható meg [4, 5, 6]:

- a stabilitás szükséges feltétele, hogy az együtthatók pozitívak;
- a stabilitás elégséges feltétele, hogy a Hurwitz-determináns összes főátlóra támaszkodó algebrai aldeterminánsa pozitív előjelű. Ha akár egy determináns is negatív előjelű, akkor a zárt szabályozási rendszer instabil működésű. E tulajdonságot használjuk a zárt szabályozási rendszer τ_{krit} paraméterének megállapítására.

Írjuk fel a zárt szabályozási rendszer karakterisztikus egyenletét, amely nem más, mint a (4.4) átviteli függvény nevezője, nullával egyenlővé téve, tehát:

$$K(s) = (s^2 + 0,9s)(1 + \tau/2 s) + 0,21(10 + 10s)(1 - \tau/2 s) = 0 \quad (4.5)$$

Végezzük el a (4.5) egyenletben kijelölt műveleteket, és rendezzük az egyenletet. A karakterisztikus egyenlet most a következő alakban írható fel:

$$K(s) = \tau/2 s^3 + (1 - 0,6\tau)s^2 + (3 - 1,05\tau)s + 2,1 = 0 \quad (4.6)$$

A (4.6) egyenlet alapján határozzuk meg a stabilitás szükséges feltételeit:

$$a_0 = \tau/2 > 0 \rightarrow \tau > 0 \text{ s} \quad (4.7)$$

$$a_1 = 1 - 0,61\tau > 0 \rightarrow \tau < 1,6666 \text{ s} \quad (4.8)$$

$$a_2 = 3 - 1,05\tau > 0 \rightarrow \tau < 2,8571 \text{ s} \quad (4.9)$$

A (4.7)–(4.9) egyenletek alapján már elmondható, hogy a stabilitás szükséges feltétele:

$$0 < \tau < 1,6666 \text{ s} \quad (4.10)$$

A továbbiakban vizsgáljuk meg a stabilitás elégséges feltételeit is. A (4.6) karakterisztikus egyenlet együtthatóit felhasználva a zárt szabályozási rendszer Hurwitz-determinánsa most a következő lesz:

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 1-0,6\tau & 2,1 & 0 \\ \tau/2 & 3-1,05\tau & 0 \\ 0 & 1-0,6\tau & 2,1 \end{vmatrix} \quad (4.11)$$

A (4.11) egyenletet felhasználva határozzuk meg a főátlóra támaszkodó algebrai aldeterminánsok értékét. A repülőgép-vezető kritikus holtidejének meghatározása során azt feltételezzük, hogy a zárt szabályozási rendszer főátlóra támaszkodó algebrai aldeterminánsai zérusértékűek, vagyis:

$$\Delta_1 = 1 - 0,6\tau = 0 \rightarrow \tau_{krit} = 1,6666 \text{ s} \quad (4.12)$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1-0,6\tau & 2,1 \\ 0,5\tau & 3-1,05\tau \end{vmatrix} \rightarrow 0,63\tau^2 - 3,9\tau + 3 = 0 \rightarrow \begin{matrix} \tau_{1krit} = 5,2904 \text{ s} \\ \tau_{2krit} = 0,9001 \text{ s} \end{matrix} \quad (4.13)$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 1-0,6\tau & 2,1 & 0 \\ \tau/2 & 3-1,05\tau & 0 \\ 0 & 1-0,6\tau & 2,1 \end{vmatrix} = 2,1 \cdot \Delta_2 = 0 \rightarrow \Delta_2 = 0 \rightarrow \begin{matrix} \tau_{1krit} = 5,2904 \text{ s} \\ \tau_{2krit} = 0,9001 \text{ s} \end{matrix} \quad (4.14)$$

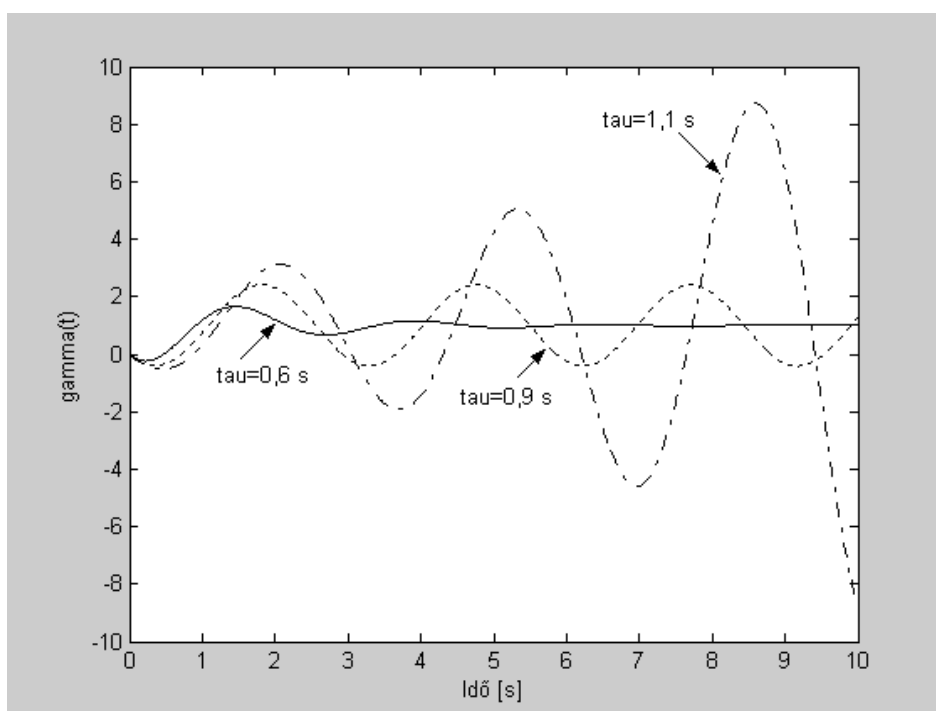
A (4.10), és a (4.12)–(4.14) egyenletek alapján a repülőgép-vezető kritikus holtideje az alábbi lesz:

$$\tau_{krit} = 0,9001 \text{ s} \quad (4.15)$$

A (4.15) egyenlet alapján megállapítható, hogy a kritikus időállandó ugyan belesik a (4.10) egyenlet által is megadott tartományba, de azt – értelemszerűen – tovább szűkíti. Ennek megfelelően a 4.1. ábrán bemutatott zárt szabályozási rendszer stabilis működésének feltétele – holt idő tekintetében – az alábbi lesz:

$$0 < \tau < 0,9001 \text{ s} \quad (4.16)$$

Határozzuk meg a 4.1. ábrán bemutatott zárt szabályozási rendszer átmeneti függvényét három tipikus, de a szerző által önkényesen kiválasztott holtidő értékre, amelyek legyenek rendre 0,3 s (stabilis), 0,9 s (a stabilitás határán), és végül, 1 s (instabil viselkedés) értékűek. A számítógépes szimuláció eredménye a 4.2. ábrán látható. Az ábrán jól látható, hogy a kritikustól kisebb holtidők esetén a zárt szabályozási rendszer stabil működésű. A τ_{krit} kritikus holtidő esetén a zárt szabályozási rendszer a stabilis működés határára kerül, míg a kritikustól nagyobb holtidő esetén a zárt szabályozási rendszer instabil működésű.



4.2. ábra. A dőlési szög követő zárt szabályozási rendszer átmeneti függvénye.

A három tipikus eset minőségi jellemzőit a 2. táblázat foglalja össze és mutatja be.

A zárt szabályozási rendszer minőségi jellemzői

2. táblázat

Holtidő, τ , s	Sajátértékek	Csillapítási tényező, ξ	Körfrekvencia, ω , rad/s
$\tau = 0,3s$	$\lambda_1 = -1,04$ $\lambda_{2,3} = -0,549 \pm 2,54 \cdot j$	$\xi_1 = 1$ $\xi_{2,3} = 0,211$	$\omega_1 = 1,04$ $\omega_{2,3} = 2,6$
$\tau = 0,9s$	$\lambda_1 = -1,02$ $\lambda_{2,3} = -1,32 \cdot 10^{-4} \pm 2,14 \cdot j$	$\xi_1 = 1$ $\xi_{2,3} = 6,18 \cdot 10^{-5}$	$\omega_1 = 1,02$ $\omega_{2,3} = 2,14$
$\tau = 1s$	$\lambda_1 = -1,02$ $\lambda_{2,3} = 0,199 \pm 1,93 \cdot j$	$\xi_1 = 1$ $\xi_{2,3} = -0,103$	$\omega_1 = 1,02$ $\omega_{2,3} = 1,94$

A 4.2. ábra, és a 2. táblázat alapján tehát elmondható, hogy $\tau_{krit} = 0,9s$ esetén a csillapítási tényező gyakorlatilag zérusértékű, ezért a zárt szabályozási rendszer korlátos bemeneti jelre periodikus lengéssel válaszol, vagyis a stabilis működés határára került. A fenti táblázat alapján az is szembe tűnő, hogy $\tau = 1s$ esetén a zárt szabályozási rendszer $\lambda_{2,3} = 0,199 \pm 1,93 \cdot j$ komplex konjugált gyöke a komplex sík jobb oldali felére esik, vagyis a zárt szabályozási rendszer periodikusan instabilnak mondható [5, 6, 8].

4.2. A repülőgép–vezető $K_{p_{krit}}$ kritikus erősítési tényezőjének meghatározása

Határozzuk meg a K_p erősítési tényező azon kritikus értékét, amely esetén a 4.1. ábrán látható szabályozási rendszer instabillá válik. A repülőgép–vezető matematikai modelljét, és a szimuláció során alkalmazott paramétereiket a 3. táblázat foglalja össze [8, 9].

A repülőgép–vezető matematikai modellje

3. táblázat

A repülőgép-vezető modelljének típusa	A repülőgép-vezető modelljének átviteli függvénye	A repülőgép-vezető modelljének paramétereit
PDH	$Y_{RGV} = K_p (1 + sT_p) e^{-\tau s} \cong$ $\cong K_p (1 + sT_p) \frac{1 - \tau/2 s}{1 + \tau/2 s}$	$\tau = 0,5s$ $T_p = 1s$

A 4.1 ábrán látható zárt szabályozási rendszer alapjelre vonatkoztatott eredő átviteli függvénye az alábbi összefüggés alapján határozható meg [3, 4, 5, 6, 9]:

$$\begin{aligned}
 W(s) &= \frac{\gamma(s)}{\gamma_R(s)} = \frac{Y_{ki}(s)Y_{RGV}(s)Y_{HE}(s)Y_{R.G.}(s)}{1 + Y_{ki}(s)Y_{RGV}(s)Y_{HE}(s)Y_{R.G.}(s)} = \frac{Y_{RGV}(s)Y_{R.G.}(s)}{1 + Y_{RGV}(s)Y_{R.G.}(s)} = \\
 &= \frac{K_p(1+s) \frac{1-0,25s}{1+0,25s} \frac{0,21}{s(s+0,9)}}{1 + K_p(1+s) \frac{1-0,25s}{1+0,25s} \frac{0,21}{s(s+0,9)}} = \frac{0,21 \cdot K_p (1+s)(1-0,25s)}{(s^2 + 0,9s)(1+0,25s) + 0,21 \cdot K_p (1+s)(1-0,25s)}
 \end{aligned} \tag{4.17}$$

A zárt szabályozási rendszer karakterisztikus egyenlete – a (4.17) egyenlet alapján – könnyen felírható:

$$K(s) = (s^2 + 0,9s)(1 + 0,256s) + 0,21 \cdot K_p (1 + s)(1 - 0,25s) = 0 \quad (4.18)$$

A (4.18) egyenletet átalakítva kapjuk, hogy:

$$K(s) = 0,25s^3 + s^2(1,225 - 0,0525K_p) + s(0,9 + 0,1575K_p) + 0,21K_p = 0 \quad (4.19)$$

A (4.19) egyenlet alapján határozzuk meg a stabilitás szükséges feltételeit:

$$a_1 = 1,225 - 0,0525K_p > 0 \rightarrow K_p < 23,3333 \quad (4.20)$$

$$a_2 = 0,9 + 0,1575K_p > 0 \rightarrow K_p > -5,1742 \quad (4.21)$$

$$a_3 = 0,21K_p > 0 \rightarrow K_p > 0 \quad (4.22)$$

A (4.20)–(4.22) egyenletek alapján már elmondható, hogy a stabilitás szükséges feltétele:

$$0 < K_p < 23,3333 \quad (4.23)$$

A továbbiakban vizsgáljuk meg a stabilitás elégséges feltételeit is. A (4.19) karakterisztikus egyenlet együtthatóit felhasználva a zárt szabályozási rendszer Hurwitz–determinánsa most a következő lesz:

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 1,225 - 0,0525K_p & 0,21K_p & 0 \\ 0,25 & 0,9 + 0,1575K_p & 0 \\ 0 & 1,225 - 0,0525K_p & 0,21K_p \end{vmatrix} = 0 \quad (4.24)$$

A (4.24) egyenletet felhasználva határozzuk meg a főátlóra támaszkodó algebrai aldeterminánsok értékét. A K_p erősítési tényező kritikus értékének meghatározása során azt feltételezzük, hogy a zárt szabályozási rendszer főátlóra támaszkodó algebrai aldeterminánsai zérusértékűek, vagyis:

$$\Delta_1 = 1,225 - 0,0525K_p = 0 \rightarrow K_{p_{krit}} = 23,3333 \quad (4.25)$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1,225 - 0,0525 K_p & 0,21K_p \\ 0,25 & 0,9 + 0,1575 K_p \end{vmatrix} = 0 \quad (4.26a)$$

$$-0,00826875 K_p^2 + 0,09315 K_p + 1,1025 = 0 \quad (4.26b)$$

$$K_{p1krit} = 18,0494 \quad (4.26c)$$

$$K_{p2krit} = -6,7841$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 1,225 - 0,0525 K_p & 0,21K_p & 0 \\ 0,25 & 0,9 + 0,1575 K_p & 0 \\ 0 & 1,225 - 0,0525 K_p & 0,21K_p \end{vmatrix} = 0,21K_p \Delta_2 = 0 \quad (4.27a)$$

$$K_{p1krit} = 0 \quad (4.27b)$$

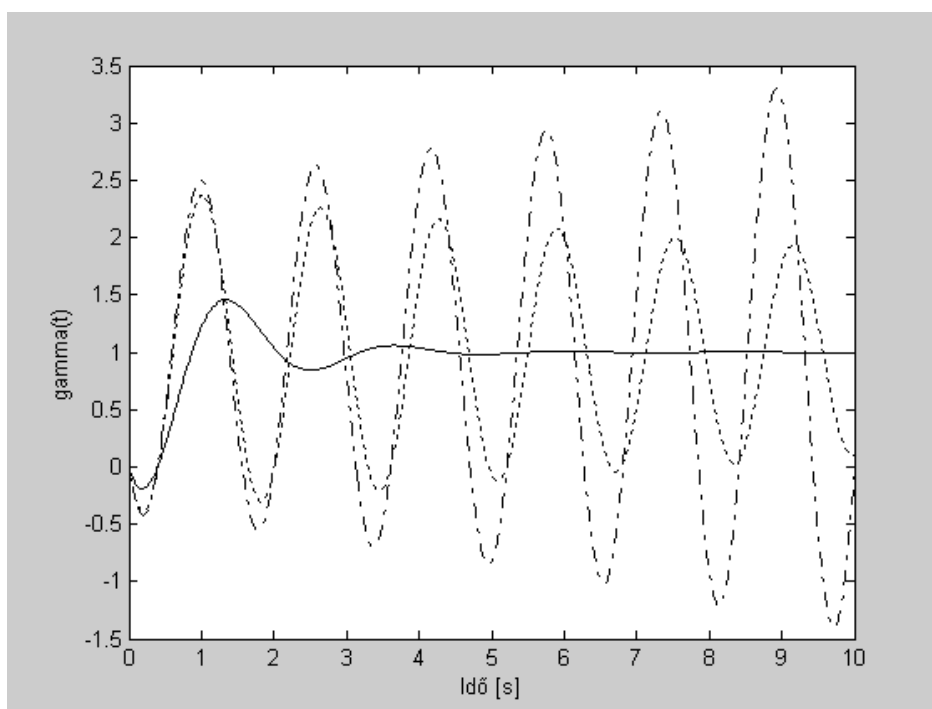
A (4.20)–(4.22), valamint a (4.25)–(4.27) egyenletek alapján a repülőgép-vezető kritikus erősítési tényezője az alábbi lesz:

$$K_{pkrit} = 18,0494 \quad (4.28)$$

A (4.28) egyenlet alapján megállapítható, hogy a kritikus erősítési tényező beleesik a (4.23) egyenlet által is megadott tartományba, de azt tovább szűkíti. Ennek megfelelően a 4.1. ábrán bemutatott zárt szabályozási rendszer stabilis működésének feltétele most az alábbi lesz:

$$0 < K_p < 18,0494 \quad (4.29)$$

Határozzuk meg a 4.1. ábrán bemutatott zárt szabályozási rendszer átmeneti függvényét három tipikus erősítési tényező értékre, amelyek legyenek $K_p = 10$ (stabilis), $K_p = 18,04$ (a stabilitás határán), és végül, $K_p = 19$ (instabil viselkedés) értékűek. A számítógépes szimuláció eredménye a 4.3. ábrán látható.



4.3. ábra.

"—" $K_{p_{stab}} = 10$ "..." $K_{p_{krit}} = 18,04$ "-.-.-" $K_{p_{instab}} = 19$

A három tipikus eset minőségi jellemzőit a 4. táblázat foglalja össze és mutatja be.

A zárt szabályozási rendszer minőségi jellemzői

4. táblázat

Erősítési tényező, K_p	Sajátértékek	Csillapítási tényező, ξ	Körfrekvencia ω , rad/s
$K_p = 10$	$\lambda_1 = -1,04$ $\lambda_{2,3} = -0,879 \pm 2,7 \cdot j$	$\xi_1 = 1$ $\xi_{2,3} = 0,31$	$\omega_1 = 1,04$ $\omega_{2,3} = 2,84$
$K_p = 18,04$	$\lambda_1 = -1,02$ $\lambda_{2,3} = -0,0463 \pm 3,86 \cdot j$	$\xi_1 = 1$ $\xi_{2,3} = 1,2 \cdot 10^{-2}$	$\omega_1 = 1,02$ $\omega_{2,3} = 3,86$
$K_p = 19$	$\lambda_1 = -1,02$ $\lambda_{2,3} = -0,0539 \pm 3,96 \cdot j$	$\xi_1 = 1$ $\xi_{2,3} = -1,36 \cdot 10^{-2}$	$\omega_1 = 1,02$ $\omega_{2,3} = 3,96$

A 4.3. ábra és a 4. táblázat alapján könnyen belátható, hogy az erősítési tényező $K_p = 10$ értéke esetén a zárt szabályozási rendszer stabilis. Ha az erősítés növekszik, és eléri a $K_{p_{krit}} = 18,04$ értéket, akkor a zárt szabályozási rendszer csillapítási tényezője gyakorlatilag zérusértékűvé válik.

4.3. A repülőgép–vezető $T_{p_{krit}}$ kritikus predikciós időállandójának meghatározása

Határozzuk meg a T_p erősítési tényező azon kritikus értékét, amely esetén a 4.1. ábrán látható szabályozási rendszer instabillá válik. A repülőgép–vezető matematikai modelljét, és a szimuláció során alkalmazott paramétereket az 5. táblázat foglalja össze [8, 9].

A repülőgép–vezető matematikai modellje

5. táblázat

A repülőgép-vezető modelljének típusa	A repülőgép-vezető modelljének átviteli függvénye	A repülőgép-vezető modelljének paramétere
PDH	$Y_{RGV} = K_p (1 + sT_p) e^{-\tau s} \cong$ $\cong K_p (1 + sT_p) \frac{1 - \tau/2 s}{1 + \tau/2 s}$	$\tau = 0,5s$ $K_p = 10$

A 4.1 ábrán látható zárt szabályozási rendszer alapjelre vonatkoztatott eredő átviteli függvénye – tekintettel az 5. táblázat adataira – az alábbi összefüggés alapján határozható meg [2, 3, 4, 5, 6, 9]:

$$W(s) = \frac{Y_{ki}(s)Y_{RGV}(s)Y_{HE}(s)Y_{R.G.}(s)}{1 + Y_{ki}(s)Y_{RGV}(s)Y_{HE}(s)Y_{R.G.}(s)} = \frac{10(1 + sT_p) \frac{1 - 0,25s}{1 + 0,25s} \frac{0,21}{s(s + 0,9)}}{1 + 10(1 + sT_p) \frac{1 - 0,25s}{1 + 0,25s} \frac{0,21}{s(s + 0,9)}} \quad (4.30)$$

$$= \frac{0,21 \cdot (10 + 10sT_p)(1 - 0,25s)}{(s^2 + 0,9s)(1 + 0,25s) + 0,21 \cdot (10 + 10sT_p)(1 - 0,25s)}$$

A zárt szabályozási rendszer karakterisztikus egyenlete most a következő lesz:

$$K(s) = 0,25s^3 + s^2(1,225 - 0,525T_p) + s(0,375 + 2,1T_p) + 2,1 = 0 \quad (4.31)$$

A (4.31) karakterisztikus egyenlet alapján határozzuk meg a stabilitás szükséges feltételeit, amelyek most az alábbiak lesznek:

$$a_1 = 1,225 - 0,525T_p > 0 \rightarrow T_p < 2,3333 \text{ s} \quad (4.32)$$

$$a_2 = 0,375 + 2,1T_p > 0 \rightarrow T_p > -0,1785 \text{ s} \quad (4.33)$$

A (4.32), és a (4.33) egyenletek alapján elmondható, hogy a zárt szabályozási rendszer stabilitásának szükséges feltétele:

$$0 < T_p < 2,3333 \text{ s} \quad (4.34)$$

A továbbiakban vizsgáljuk meg a stabilitás elégséges feltételeit is. A (4.31) karakterisztikus egyenlet együtthatóit felhasználva a zárt szabályozási rendszer Hurwitz-determinánsa a következő módon írható fel:

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 1,225 - 0,525T_p & 0,21 & 0 \\ 0,25 & 0,375 + 2,1T_p & 0 \\ 0 & 1,225 - 0,525T_p & 0,21 \end{vmatrix} \quad (4.35)$$

Határozzuk meg a zárt szabályozási rendszer stabilitásának elégséges feltételeit: a (4.35) egyenletet felhasználva határozzuk meg a főátlóra támaszkodó algebrai aldeterminánsok értékét. A T_p időállandó kritikus értékének meghatározása során azt feltételezzük, hogy a zárt szabályozási rendszer főátlóra támaszkodó algebrai aldeterminánsai zérusértékűek, vagyis:

$$\Delta_1 = 1,225 - 0,525T_p = 0 \rightarrow T_{p_{krit}} = 2,3333 \text{ s} \quad (4.36)$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 1,225 - 0,525T_p & 0,21 \\ 0,25 & 0,375 + 2,1T_p \end{vmatrix} = 0 \quad (4.37a)$$

$$-1,1025T_p^2 + 2,375625T_p - 0,065625 = 0 \quad (4.37b)$$

$$T_{p_{krit}} = 2,1268 \text{ s} \quad (4.37c)$$

$$T_{p_{krit}} = 0,028 \text{ s}$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} 1,225 - 0,525T_p & 0,21 & 0 \\ 0,25 & 0,375 + 2,1T_p & 0 \\ 0 & 1,225 - 0,525T_p & 0,21 \end{vmatrix} = 0,21 \cdot \Delta_2 = 0 \quad (4.38)$$

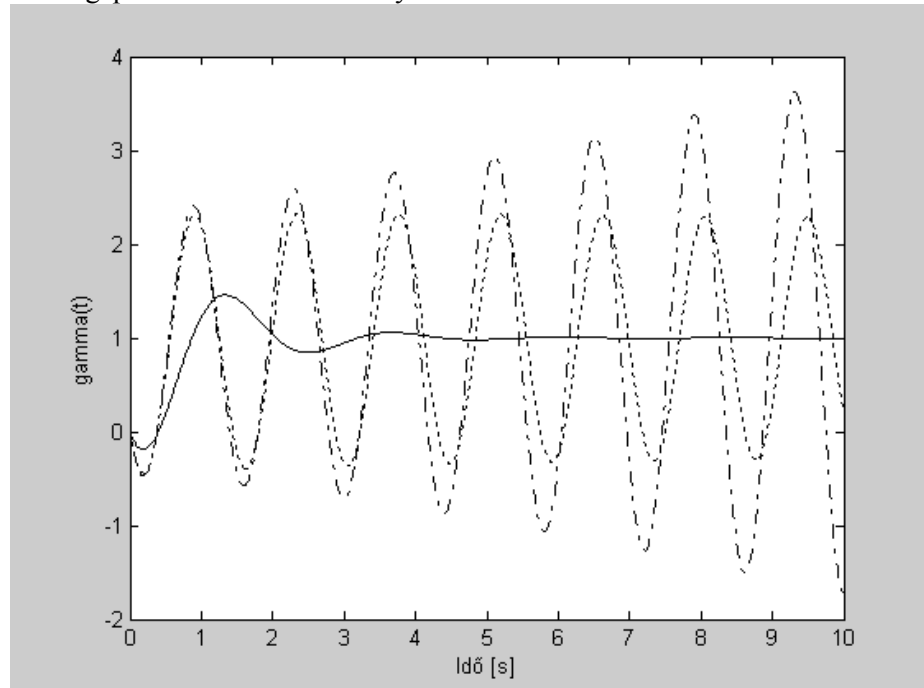
A (4.32)–(4.33), valamint a (4.36)–(4.38) egyenletek alapján a repülőgép-vezető kritikus predikciós időállandójának értéke most a következő lesz:

$$T_{p_{krit}} = 2,1268 \text{ s} \quad (4.39)$$

A (4.38) egyenlet alapján könnyen belátható, hogy a kritikus időállandó belesik a (4.34) egyenlet által is megadott tartományba. Ennek megfelelően a 4.1. ábrán bemutatott zárt szabályozási rendszer stabilis működésének feltétele most az alábbi lesz:

$$0 < T_p < 2,1268 \text{ s} \quad (4.40)$$

Felhasználva a predikciós időállandó értékeit, határozzuk meg a 4.1. ábrán látható zárt szabályozási rendszer átmeneti függvényét a predikciós időállandó három tipikus értékére, amelyek legyenek $T_{p_{stab}} = 1 \text{ s}$ (stabilis), $T_{p_{krit}} = 2,12 \text{ s}$ (a stabilitás határán), és végül, $T_{p_{instab}} = 2,2 \text{ s}$ (instabil viselkedés) értékűek. A számítógépes szimuláció eredménye a 4.4. ábrán látható.



4.4. ábra.

"—" $T_{p_{stab}} = 1 \text{ s}$

"..." $T_{p_{krit}} = 2,12 \text{ s}$

"-.-" $T_{p_{instab}} = 2,2 \text{ s}$

A 4.1. ábrán látható zárt szabályozási rendszer minőségi jellemzőit a 6. táblázat foglalja össze.

A zárt szabályozási rendszer minőségi jellemzői

6. táblázat

Predikciós időállandó, T_p, s	Sajátértékek	Csillapítási tényező, ξ	Körfrekvencia $\omega, \text{rad/s}$
$T_p = 1 s$	$\lambda_1 = -1,04$ $\lambda_{2,3} = -0,879 \pm 2,7 \cdot j$	$\xi_1 = 1$ $\xi_{2,3} = 0,31$	$\omega_1 = 1,04$ $\omega_{2,3} = 2,84$
$T_p = 2,12 s$	$\lambda_1 = -0,435$ $\lambda_{2,3} = -0,00641 \pm 4,39 \cdot j$	$\xi_1 = 1$ $\xi_{2,3} = 1,46 \cdot 10^{-3}$	$\omega_1 = 0,435$ $\omega_{2,3} = 4,39$
$T_p = 2,2 s$	$\lambda_1 = -0,419$ $\lambda_{2,3} = 0,0696 \pm 4,48 \cdot j$	$\xi_1 = 1$ $\xi_{2,3} = -1,55 \cdot 10^{-2}$	$\omega_1 = 0,419$ $\omega_{2,3} = 4,48$

A 6. táblázat alapján belátható, hogy $T_p = 2,12 s$ esetén a zárt szabályozási rendszer $\lambda_{2,3} = -0,00641 \pm 4,39 \cdot j$ pólusai a komplex síkon – jó közelítéssel – a függőleges tengelyre esnek, így tehát a 4.1. ábrán látható szabályozási rendszer a stabilis működés határára kerül. $T_p = 2,2 s$ esetén a zárt szabályozási rendszer komplex konjugált gyökpárja a komplex sík jobb felére esik: a zárt szabályozási rendszer instabil működésű. E jelenségek a 4.4. ábrán is jól megfigyelhetők.

V. ÖSSZEFOGLALÁS, KÖVETKEZTETÉSEK AJÁNLÁSOK

A témaválasztás, tekintettel az egyre bővülő piaci kínálatra, valamint az e témában születő, nem túl gyakori publikációra, aktuális és fontos. A cikkben a szerző a repülőgép-vezetők tevékenységének matematikai modellezésével foglalkozott. A szerző feldolgozta a témával kapcsolatos fontosabb szakirodalmakat, és összefoglalta és megadta a gyakorlatban alkalmazott reprezentatív átviteli függvényeket.

Bár a repülőgép-vezető többcsatornás irányítási rendszerben vezeti a légi járművet, a szerző egycsatornás irányítási csatornát alapul véve bemutatta,

hogyan az emberi szervezet fiziológiai jellemzői lényeges mértékben kihatnak a zárt szabályozási rendszerek stabilitására. A cikk egy irányítási csatorna tekintetében kimerítő választ ad arra a kérdésre, hogy *a repülőgép-vezető mely paramétere mellett lesz stabil az értékkövető zárt szabályozási rendszer?* Természetesen, a kérdés megválaszolása nem egyszerű, több kitélet is figyelembe kell venni, amelyek közül vegyünk górcső alá néhányat:

- hány irányítási csatornában tevékenykedik a repülőgép-vezető?
- milyen a repülőgép-vezető állapota, repülésre felkészültségének foka?
- milyen szinten képzett a repülőgép-vezető?
- milyen dinamikus tulajdonságokkal bír az irányított rendszer?
- milyen jelleggel viselkedik a követni kívánt referencia jel?
- milyen időjárási körülmények között történik a repülés?
- milyen fedélzeti rendszer támogatja a repülőgép-vezetőt?

Természetesen lehetne még folytatni a feltételek, és kérdések sorát. Megállapítható tehát, hogy a *pilot-in-the-loop* szabályozástechnikai kérdések megválaszolása nem egyszerű, de természetesen bizonyos feltételek rögzítése mellett lehetséges és szükséges is.

A cikkben a szerző bemutatta a holtidő általános matematikai képletét, és annak első, és másodfokú Padé-approximációját. A cikkben a szerző első közelítésben, az elsőrendű approximációt alkalmazott, amely kellő pontosságot és megfelelő egyszerűséget biztosított a vizsgálatok során. Érdekes vizsgálati területet sejtet azonban a másod-, és magasabb rendű Padé-approximáció alkalmazása is.

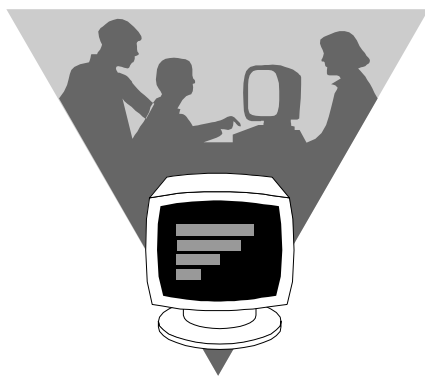
A repülőgép-vezetők kritikus paramétereinek számítására a cikkben a szerző a klasszikus stabilitásvizsgálati módszerek számossága közül a Hurwitz-módszert alkalmazta. Eme algebrai stabilitásvizsgálati módszer harmad-, magasabb fokszámú karakterisztikus egyenletek esetén is könnyen alkalmazható.

A zárt szabályozási rendszer cikkben is bemutatott stabilitásvizsgálata olyan új alkalmazási területet mutat be, amely segítségével a gyakorlatban akár egy kezdő modellt repülőgép-vezető, aki nem iskolai rendszerben szerezte repülési ismereteit, repülési alkalmassága, vagy alkalmatlansága, megítélhető. Természetesen, e vizsgálatok számos feltétellel bírnak. Mindenesetre, ha a stabilitásvizsgálat szabályozástechnikai feltételei adottak, akkor a kritikus paraméterek meghatározása lényeges előre lépést jelenthet egy olyan területen, amely ugyan kényes kérdést feszeget, viszont következetes alkalmazása lényeges mértékben javíthatja a repülés biztonságát. Így aztán a légi bemutatók résztvevői és a gépmadarak csodálói nyugodtan figyelhetik a fejük felett cikázó pici szerkezeteket.

Megválaszolva a cikk bevezetésében feltett kérdést: mielőtt vásárolunk, előtte tájékozódjunk a képességeinket illetően, és ne csak az anyagi lehetőségeink korlátozzák az új kezdeményezéseinket!

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] McRUER, D. T. – KRENDEL, E. S. *Mathematical Models for Human Pilot Behavior*, NATO Advisory Group for Aerospace Research and Development, AGARDograph N° 188, 1974.
- [2] АСЛАНЯН, А. Э. *Системы автоматического управления полётом летательных аппаратов*, Часть I, Киевское Высшее Военное Авиационное Инженерное Училище, Киев, 1984.
- [3] КРАСОВСКИЙ, А. А. – ВАВИЛОВ, Ю. А. – СУЧКОВ, А. И. *Системы автоматического управления летательных аппаратов*, Изд. ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1986.
- [4] McLEAN, D. *Automatic Flight Control Systems*, Prentice-Hall International, New York-London-Toronto-Sydney-Tokyo-Singapore, 1990.
- [5] DORF, R. C. – BISHOP, R. H. *Modern Control Systems*, Prentice Hall International, Upper Saddle River, New Jersey, 2001.
- [6] SZABOLCSI, R. *Modern szabályozástechnika*, egyetemi jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2004.
- [7] SZABOLCSI, R. *Automatikus repülésszabályozás*, egyetemi jegyzet, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2004.
- [8] SZABOLCSI, R. *A repülőgép-vezető hagyományos és modern matematikai modellezése a repülőgépek irányítási rendszerében*, „Új évszázad, új technológia – Gripenek a magyar Légierőben”, tudományos konferencia kiadványa, CD-ROM, Szolnok, 2006.
- [9] SZABOLCSI, R. *A repülőgép-vezető repülésbiztonság szempontjából kritikus paramétereinek meghatározása*, Tudományos Közlemények, Debreceni Egyetem, 2006 (megjelenés alatt).



MŰSZAKI TUDOMÁNYI ROVAT

Rovatvezető: Dr. Gedeon József
Rovatszerkesztők: Dr. Szabolcsi Róbert
Vörös Miklós

Dr. Békési László

A MULTIMÉDIA, MINT LEHETŐSÉG A REPÜLÉS- MECHANIKA TANTÁRGY OKTATÁSA SORÁN

A multimédia a hétköznapjainkban is jelen van. A multimédia egyre terjed, mert ez a módszer és eszköz egyesíti az audió és videó, az írott szöveg, a képek, valamint az animációk által nyújtott szemléltetési lehetőségeket.

A MULTIMÉDIA AZ OKTATÁSBAN

A multimédia oktatási célokra való felhasználásának az alapja az, hogy az oktatást a tanítás helyett a tanulás oldaláról vizsgálja.

A megfelelően megtervezett multimédiás oktatószoftverek alkalmazása esetén a számítógép alapú tananyagok az egyéni tanulás támogatására a leghatékonyabb eszközök lehetnek, mivel rugalmasan igazodnak a hallgató egyéni tanulási üteméhez. [1]

A multimédia már a közeli jövőben széles körben elterjedhet, mint az eddiginél hatékonyabb információkereső, tudásprezentáló és tudásközvetítő eszköz.

A hallgatók és a multimédia kapcsolata

A multimédia az oktatásban is terjed. A hallgatók körében azért indokolt és kedvelt a számítógép használata, mert összhangban van azzal a kultúrával, amelyben a mai iskolások felnőnek. Míg a könyvekből való tanulás sokuk számára unalmas elfoglaltságot jelent, addig lenyűgözi őket a számítógépes grafika, mozgás és hang. Képesek hosszú időt eltölteni számítógép előtt.

A hagyományos tanulás során a tanár kénytelen tempóját az átlagos hallgatóhoz igazítani, így a jobb hallgatók unatkoznak, a gyengébbek pedig lemaradnak. A számítógépes oktatással elérhető az, hogy a hallgató az elsajátítandó anyagban saját képességeihez mérten haladjon. A felhasználókat a szoftver alkalmazásakor az alábbi tényezők érdeklik elsősorban:

- a multimédia alkalmazás képernyőn való esztétikai megjelenése;
- az átadandó információ megjelenésének módja;
- a képernyőoldalak közötti navigálási rendszer bonyolultsága;
- a szoftver egyéb részeinek kezelési bonyolultsága.

A tanítási és tanulási folyamatot elősegítő tevékenység a gyakorlás, így célszerű úgy felépíteni multimédiás alkalmazásunkat, hogy a hallgató bármelyik pillanat-

ban beépített példákon keresztül gyakorolhassa azt, amit azelőtt megtanult [3]. A megvalósítás során arra is oda kell figyelni, hogy a készülő számítógépes oktatóprogram képes legyen interaktívan működni, alkalmazkodjon a tanulók egyéni igényeihez és engedjen önállóságot.

A multimédia alkalmazás elkészítésekor használni kell az interakció motiváló formáit, mint például életszerű probléma-szituációk előtérbe helyezését, szimulációs feladatokat.

A felhasznált médiumok aránya

A felhasznált szöveg jellemzői

Legyen a megjelenített szöveg tömör, tartalma lényegre törő. A javasolt szöveg méret, a képernyő teljes felületének egyharmada.

A megjelenített szöveget használjuk fel több célra. A szövegben helyezük el azokat a szavakat, amelyekhez további információt fűzünk, vagy használjuk azokat az egyes oldalak közötti navigációs pontkként. A szöveg sűrűsége az olvasási sebességet és a megértést befolyásoló tényező. A kétszeres sortávolság javítja az olvasási sebességet és kis mértékben a megértés fokát is

A felhasznált kép jellemzői

Azok a képek, amelyek nem kapcsolódnak a szöveghez, nem javítják a szöveges anyag tanulását. A képek jelenléte szövegben nem javítja azon szövegrészek tanulását, amelyhez nem kapcsolódik illusztráció. A képek segíthetik az olvasott szöveg megértését és az arra történő emlékezést, egyes esetekben helyettesíthetik a szöveget, sőt többlet, nem verbális információkat nyújthatnak.

A képek jobban segítik a gyengébb verbális képességű hallgatókat, mint az erősebb verbális képességűeket. A hallgatók (mivel 82%-uk vizuális típus) előnyben részesítik az illusztrált szövegeket a nem illusztráltakkal szemben

A jó képi analógiák nagyon hasznosak komplex tények megértésében azon az alapon, hogy egy jól ismert dolgot új összefüggésbe hoznak egy teljesen más területtel.

Vizualizálásra ott van szükség, ahol a hallgatónak a közvetlen tapasztalata hiányzik. Másrészt a képi megjelenítés a láthatatlan dolgok (pl.: elméletek, modellek) láthatóvá tételére szolgál.

A felhasznált mozgóképek jellemzői

A videó-bejátszások az összes szemléltető előnyükkel együtt akkor hatékonyak igazán, ha a megfelelő információt megfelelő tempóban, felbontással és hanggal nyújtják. Videó anyagokban be lehet mutatni olyan speciális feladatokat vagy eseményeket, amelyeket szavakkal csak körülményesen lehetne elmagyarázni, grafikával pedig nem lehetne elég élethűen megrajzolni. Mozgóképek segítségével nagymértékben felkelthető a felhasználó vagy a multimédia bemutatót meg-

tekintő hallgatók figyelmére, viszont egyes médiumok párhuzamos futtatása valamint két videó egyidejű lejátszása kerülendő.

Animációk segítségével lényegesen több információt közölhetünk, mint egyszerű grafikus oldalakkal, viszont a számítógép teljesítményét mégsem kell megnövelni oly mértékben, mintha videó elemeket szeretnénk megjeleníteni.

A videó hossza maximum 60-90 másodperc legyen. A képminőség nem teszi lehetővé a teljes képernyőnyi képet, a kis mozgóképek nézése 1-1,5 perc múlva fárasztóvá válik. Multimédia alkalmazásainak hatásának növelése érdekében lehetőségünk van arra, hogy a multimédia alkalmazás keretén belül hanganyagot szólaltassunk meg.[4]

A színek együttes használata során jó, ha tudjuk, hogy a sárga és a fekete színek együttesével érhető el a legnagyobb kiemelés, míg egy vörös háttérre kézzel írt szöveg olvasása rendkívül zavaró, mivel a szem egyszerre nem képes e két színre fókuszálni. A piros – sárga – zöld hármas a legjobban észlelhető színek kombinációja természetes megvilágítás mellett. Kiemelésre, figyelemfelkeltésre leginkább a telített színek alkalmasak, míg egy magyarázó jellegű prezentáció jobb, ha kevésbé telített, egymással harmonizáló pasztellszínek használata javasolt. [1]

A multimédiás oktatászoftverek minőségi értékelése

A multimédiás oktatászoftverek minőségi értékelésénél a következőket feltétlenül figyelembe kell venni, melyek külön-külön további fontos szempontokból állnak. A kulcsszó a motiváció: Hogyan kelti fel és tartja fenn a multimédia tananyag a hallgató érdeklődését a téma iránt? Mivel készíti a hallgatót a tanulásra.

Az érdeklődés felkeltése

Az érdeklődés felkeltése szempontjából a legfontosabb az oktatni kívánt információ vonzó megjelenítése. Fontos hogy a felhasználó ne érezze tehernek a tanulást. Ez elősegíthető érdekes példák alkalmazásával. Fontos, hogy a szoftver a felhasználó szemszögéből közelítse meg a témát, hiszen a tanulás csak akkor lehet hatékony, ha a tanulási folyamat során a hallgató figyelmét folyamatosan a tárgyra tudjuk irányítani

Interaktivitás

Egy multimédia szoftver alapvetően azzal tud többet a videó anyagoknál, hogy a tanulás során a felhasználónak lehetősége van a kommunikációra, a dolgok menetébe történő beavatkozásra, feladatmegoldásra, kérdésfeltevésre.

Médiumok helyes aránya

Fontos megjegyezni, hogy a multimédiás oktatászoftver nem helyettesíti, hanem kiegészíti a hagyományos oktatásban használt tankönyveket, így a szöveges információk mennyisége a grafikus képekhez és animációkhoz képest kisebb. A szöveges állományok túlzott használata kerülendő.

Nem szabad azonban túlzásba vinni a képek megjelenítést sem, mert elragadja a lényegről a hallgató figyelmét. Továbbá figyelni kell arra, hogy egy percnyi videóanyag tömörítés nélkül nagy méretű, ami megfelelő tömörítéssel akár század részére is csökkenthető

A felhasználói felület minősége

Befolyásolja a felhasznált színek száma és fajtája, a grafikai objektumok felbontása, élessége valamint az olvashatóság. Fontos hogy a szoftver megfelelő mennyiségű, helyes és valóságos információt tartalmazzon, a felhasználó számára pozitív módon bemutatva.

Egy jól működő multimédiás oktatászoftver egyik alapfeladata — mind a gyengébb, mind a jobb képességű hallgatók számára — a tanári segédlet helyettesítése, vagy minimálissá tétele, ezért a fő szempont, hogy a szoftver kellően informatív és könnyen kezelhető legyen bárki számára úgy, hogy ne tartalmazzon az adott témában már jártas felhasználó számára sok redundáns információt, viszont a kezdők kellő segítséget kapjanak.

A szemléltetés módszertana

Ha az ismeretek közvetítése a számítógépes programban írásos vagy auditív médiumokon keresztül történik, akkor annak világosnak, egyszerűnek, tömörnek, jól érthetőnek, magyarosnak kell lennie.

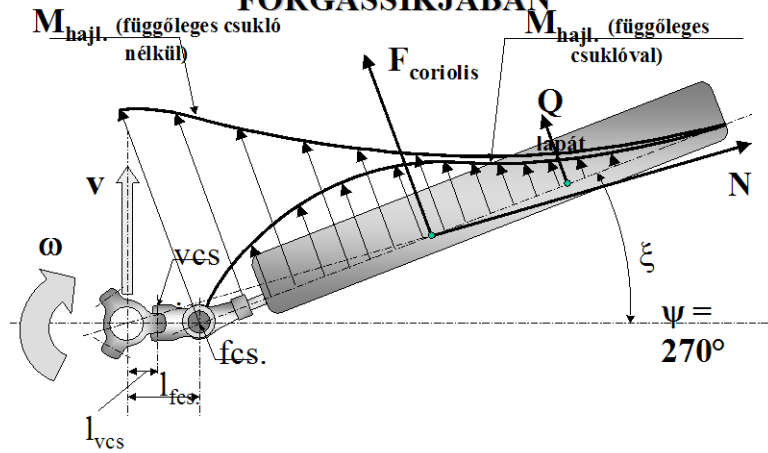
A hatékony magyarázat további jellemzői:

- a magyarázat alkalmazkodjon a tananyag leendő elsajátítójának fejlettségi szintjéhez;
- a magyarázat célját tudassuk a hallgatóval;
- az általánosításokat, elveket, szabályokat világosan fogalmazzuk meg a kitűzött célnak megfelelően;
- a magyarázathoz kapcsolt szemléltető animáció ne öncélú legyen, hanem épüljön be a magyarázatba;
- a magyarázat mellett rögtön látható legyen a bemutató, és érezhető legyen annak kapcsolata a magyarázattal.

A pedagógiai pszichológia kiderítette, hogy a legeredményesebb eljárás, ha a bemutatás és a magyarázat egy időben történik. A magyarázatot megelőző, illetve azt követő bemutatás alacsonyabb hatásfokú. [1]

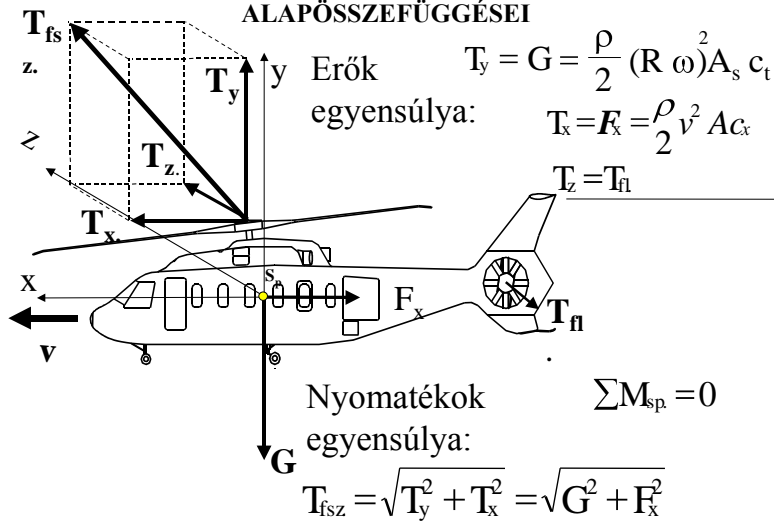
A multimédia alkalmazását a fenti elvek figyelembevételével az aerodinamika és a repülésmechanika tantárgyakban tervezem használni. A választott szoftver a majdnem minden számítógépen meglévő Power Point. A lehetőségek kihasználásával olyan bemutató anyagrészek készülhetnek vele, amelyek nagymértékben segítenek a hallgatóknak a tananyag megértésében. A cikkben ezekből fogok példákat bemutatni. Itt most csupán néhány animált dia rajzával jelzem a lehetőségeket.

A LAPÁT TERHELÉSE A FORGÓSZÁRNY FORGÁSSÍKJÁBAN

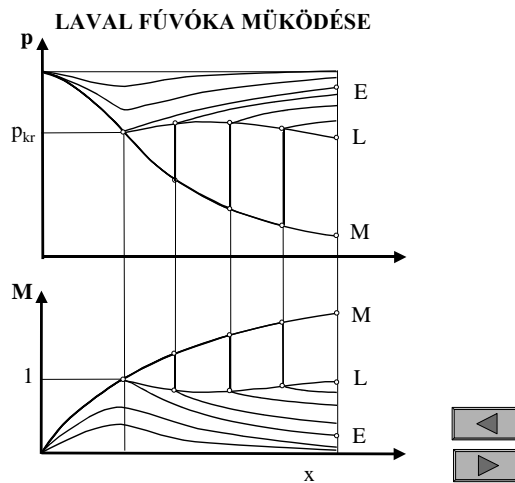


1. ábra. A lapát terhelése a forgószárny forgássíkjában [5]

A HELIKOPTER VÍZSZINTES REPÜLÉSÉNEK ALAPÖSSZEFÜGGÉSEI

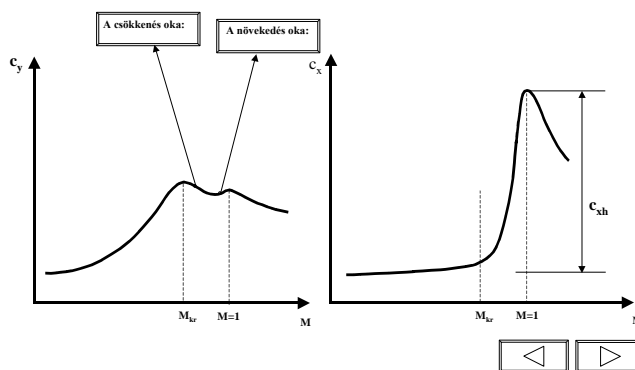


2. ábra. A helikopter vízszintes repülése



3. ábra. A laval fúvóka működése

**A FELHAJTÓERŐ TÉNYEZŐ ÉS AZ ELLENÁLLÁSI ERŐ
TÉNYEZŐ VÁLTOZÁSA A MACH-SZÁM FÜGGVÉNYÉBEN**



4. ábra. A felhajtóerő tényező az ellenállási erő tényező változása a Mach-szám függvényében

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] IZSÓ Lajos: Multimédia oktatási anyagok kidolgozásának és alkalmazásának pedagógiai, pszichológiai és ergonómiai alapjai, Budapesti Műszaki Egyetem Távoktatási Központ, 1998.
- [2] NAGY Sándor: Az oktatáselmélet alapkérdései, Tankönyvkiadó, Budapest, 1996.
- [3] P.G.Y.: Közoktatás: Multimédia az oktatásban, VIII. évf./8. szám, 1997.
- [4] Ralf STEINMETZ: Multimédia, Bevezetés és alapok, Springer Hungarica Kiadó, 1995.
- [5] Szelestey Gyula: Áramlástan III. Helikopter Aerodinamika. KGYRMF, Szolnok, 1974.

A REPÜLŐRAKÉTÁK KIALAKULÁSA

A rakétákat fegyverként a fekete lópor feltalálása után Kínában a IX. században kezdték használni. Abban az időben a rakéták találati pontosságban és lőtávolságban jelentősen elmaradtak a korszerűnek nevezhető csöves tüzéségtől. Az ókori tűzijátékok kezdetleges eszközéből az évszázadok során — megfelelő elméleti alapok nélkül — kísérleti úton hatásos fegyvert fejlesztettek. Variálták a töltet méreteit, formáját, összetételét és a rakétatest falvastagságát. A XVIII. századig a rakéták fejlesztésével átütő sikert nem értek el, így a huzagolt csövű lőfegyverek és a füstnélküli lópor elterjedésével a harci rakéták gyártása megszűnt.

A rakéták, illetve a rakéatechnika európai elterjedésének és fejlődésének jelentős mérföldköve volt az angol gyarmatosítók elleni 1799-es indiai függetlenségi mozgalom harcának sikere. A harcokban alkalmazott 3-6 kg-os reaktív tölteteket 2,5-3 m hosszú — stabilizátor szerepét betöltő — bambuszrudakra erősítettek és lőtték ki az ellenséges csapatokra. Az új harcászati módszer sikere abban rejlett, hogy a rakétákat váratlanul és tömegesen (kb. 5000 db) alkalmazták, így a rakéták pontatlansága másodrendűvé vált. A XIX. század elején Európában is megkezdtek a harci rakéták korszerűsítését és a hadseregek felfegyverzését. Az angol Congreve ezredes (az indiai események résztvevője) 5-15 kg tömegű rakétáit 250 m távolságra tudta eljuttatni, melyek segítségével jelentős sikert ért el, amikor 1807-ben Koppenhágát szétrombolták mintegy 4000 rakéta kilövésével.

A rakéatechnikával kapcsolatos problémák megoldását az orosz Ciolkovszkij kutatásaival jelentősen elő segítette. Lényeges elveket, elméleteket dolgozott ki, amelyek megteremtették az űrhajózás alapjait is. Különösen fontos összefüggéseket tárt fel a rakéta változó tömege és sebessége, a rakétafokozatok száma és a folyékony hajtóanyagú rakéták alkalmazásának lehetőségei témakörökben. Ciolkovszkij elméletei lényegesen meghaladták korának technikai lehetőségeit, így fantasztának nevezték, és terveit megvalósíthatatlannak tartották.

A füstnélküli lópor hajtóanyagként történő alkalmazását 1912-ben sikerült megvalósítani, de a harci rakéták alkalmazásáig még sok technikai problémát kellett megoldani. A Szovjetunióban, 1937-ben az I-16 és I-153 vadászrepülőket 8-8 db RSz-82, 1938-ban az SZB bombázókat pedig 10 db RSz-82 típusú nem irányítható rakétával szerelték fel. Ezek voltak a világ első repülőgépei, amelyek fedélzetén rakéta-fegyverzet volt. Első harci bevetésükre 1939-ben, Mongóliában került sor, japán repülőgépek ellen. Az RSz-82 rakétákkal felsze-

relt I–16-os vadászpülők 13 célt lelöttek. A nem irányítható rakéták hatásossága légi harcban is elmaradt a fedélzeti csöves tüzfegyverekétől a gyújtószerkezetek tökéletlensége és a speciális célzóberendezések hiánya miatt.

Az irányítható repülőeszközök fejlesztése terén jelentős sikereket ért el Németország 1944–45-ben. Inerciális irányítórendszerrel felszerelt V–1 „repülőgép lövedékek, szárnyas bombák, rakéták”, majd V–2 ballisztikus rakéták ezreit zúdították Londonra és más nyugat-európai városokra. Létrehoztak tankelhárító és légvédelmi rakétákat vezetékes, valamint rádióparancs irányítással is, de a háború befejezése miatt nem kerültek tömeges alkalmazásra.

A tudományos-technikai forradalom eredményei, különösen az elektronika, rádiólokáció, infravörös- és félvezető-technika, valamint a gyártástechnológia fejlődése az 50-es években lehetővé tette az irányítható repülőfedélzeti rakéták kifejlesztését, amelyek a légi harc alapvető eszközévé váltak. Jellemző ezekre a rakétákra, hogy turboreaktív hajtóművel rendelkező, nagy sebességű repülőgépekhez tervezték nem, vagy kevésbé manőverező légi célok megsemmisítésére. Viszonylag alacsony túlterhelések elviselésére képesek és indításuk hátsó légtérből kis rákurusok esetén lehetséges. Alkalmazási magasságuk felső határa 15-18 km, legnagyobb indítási távolságuk 5-12 km.

Az irányítható rakéták megjelenésével a nem irányítható rakéták nem vesztek el harcászati jelentőségüket, fejlesztésük tovább folytatódott. Kis méretű földi célok, tankok és páncélozott harcjárművek megsemmisítésének egyik fontos eszköze. Az indító berendezések korszerűsítésével lehetőség nyílt 100-200 rakéta függesztésére és indítására. Felmerült az igény kisméretű földi mozgó célok hatásos megsemmisítésére is. Az irányítható légiharc rakéták módosításával a 60-as évek közepére rendszerbe állították a levegő-föld irányítható rakétákat. Első generációs típusaik a rávezetési pontatlanságuk miatt nagy tömegű harci résszel rendelkeztek és indítási távolságuk csekély volt. A fejlesztés során kidolgozták a kombinált irányítási rendszerrel rendelkező, nagy hatótávolságú (100 km-t meghaladó) földi rádiólokátor állomás elleni- és a tankelhárító-páncéltörő rakétákat.

A REPÜLŐFEDÉLZETI FEGYVERZET KOMPLEXUM

A repülő fedélzeti fegyverzet komplexum öt részből áll:

- megsemmisítő eszközök;
- célzó-rendszerek;
- fegyverzet beépítési rendszerek;
- fegyverzetvezérlő rendszerek;
- földi kiszolgáló eszközök, berendezések.

A repülőfedélzeti megsemmisítő eszközök csoportjába tartoznak mindazok a harci eszközök, melyeket a repülőgép (helikopter) fedélzeti fegyvereiből lőnek ki, vagy oldással juttatnak az ellenséges légi vagy földi célba, illetve annak meghatározott körzetébe azzal a céllal, hogy azt repesz, romboló, kumulatív, gyújtó, esetleg ezek kombinált hatásával megsemmisítse, harcképtelenné tegye. A harci rakéták a megsemmisítő eszközök részét képezik, rendeltetésük a manőverező és nem manőverező légi célok harcképtelenné tétele, vagy megsemmisítése.

A HARCÍ RAKÉTÁK OSZTÁLYOZÁSA

Az indítás és a cél helye szerinti felosztás értelemszerű: föld-föld, levegő-levegő (légiharc), levegő-föld, stb. Az ilyen osztályozás csak a rakéta rendeltetésére utal, de nincs lehetőség részletesebb adatok megismerésére, lényeges különbségek megadására (pl.: a több száz tonnás interkontinentális és a kézi tankelhárító kb. 10 kg tömegű rakéta ugyanazon föld-föld típushoz, tartozik).

1. Attól függően, lehetséges-e a rakéta röppálya megváltoztatása annak indítása után, *irányítható* és *nem irányítható* rakétákról beszélhetünk.
 - A **nem irányítható** rakéták főrészei közé tartozik, a hajtómű, a harci rész a gyújtóval és a stabilizáló berendezés, de nem rendelkeznek fedélzeti irányító berendezéssel. A célzás és irányzás az indító berendezés megfelelő térbeli helyzetbe állításával hajtható végre.
 - Az **irányítható** rakéták speciális berendezésekkel rendelkeznek (célkoordinátor erősítő és vezérlő jel kialakító egység, robotpilóta, kormányok, szárnyak), amelyek lehetővé teszik a rakéták irányított mozgását a cél megközelítése során. A rakéták irányítása a röppályán lényegesen megnövelte a lövészet pontosságát a nem irányítható megsemmisítő eszközökhöz viszonyítva, ami lehetővé tette viharos, széles körű elterjedésüket.
2. Az irányítási rendszer típusa szerint megkülönböztetünk távvezérlésű, önirányítása, programvezérlésű és kombinált irányítású rendszereket.
 - Távvezérlésű rendszerekben az irányító jel a rakétán kívül jön létre. A rakéta irányító rendszere ezt parancsjel formájában érzékeli és dolgozza fel. A parancsok továbbítása történhet közvetlen vezetékkel, rádió, lézer illetve infra jelek alkalmazásával. Alkalmazhatnak továbbá televíziós irányítási rendszert, melyben képi információ alapján a repülőgép vezetője rádióparancsok útján irányítja a rakétát. Ezen módszerek előnye a viszonylagos zavarvédelem és egyéb kontraszttal nem rendelkező (rádiólokációs, infravörös) célok kiválaszthatósága a környezetből. Alkalmazásának hátráltatja az irányító személy begyakorlottsága és az időjárási viszonyok.

- Önirányító rendszerekben a rakéta-cél kölcsönös helyzetét az irányító rendszer részét képező passzív, aktív vagy félaktív célkoordinátor határozza meg, amely a rakéta fedélzetén található. A célról érkező jelek alapján a vezérlő egység kidolgozza az irányító jeleket, melyek erősítés után a kormánygépeket vezérlik.
 - Programvezérlésű irányítási rendszerekben a rakéta repülése előre meghatározott program szerint történik. A rakéta fedélzetén elhelyezett berendezés nincs kapcsolatban sem a rakéta indítási pontjával, sem a céljával. A repülési programot indítás előtt táplálják be a rakéta programszerkezetébe. A repülés folyamán az irányító rendszer összehasonlítja a rakéta pillanatnyi mozgás-paramétereit a program szerinti értékkel. Az összehasonlítás eredményeként az irányítási rendszer kidolgozza az irányítási paramétereket és kiadja az irányítási parancsokat a vezérlő szervek részére. A programvezérlésű irányítási rendszer előnye a magas-fokú zavarvédetség, hátránya pedig, hogy a program megváltoztatása a rakéta indítását követően nem lehetséges. Felhasználható nagy hatótávolságú föld-föld vagy levegő-föld rakéták irányítási rendszerében, előre ismert koordinátájú álló célok megsemmisítésére.
 - Kombinált irányítási rendszer alkalmazása egyre gyakoribb az irányítható rakétákban. A nagy hatótávolságú levegő-levegő rakéták célközvetbe juttatása távvezérléssel vagy programvezérléssel valósul meg, majd a célkoordinátorral történt befogás után a rakéta áttér az önirányításra. Ilyen módon biztosítják a nagy indítási távolság mellett a magas rávezetési pontosságot.
3. A cél kiválasztásának módszere szerint megkülönböztetünk aktív, félaktív és passzív önirányítást.
- Az aktív és félaktív rendszerek lényege, hogy a célt a környezet háttéréből mesterségesen választjuk ki elektromágneses hullámokkal (rádiólokátor állomás sugara, infravörös vagy lézersugárzás) történő „megvilágítással”. Az olyan rendszert, amelynek készletéhez sugárzó és vevőberendezés is tartozik aktív, amelyhez csak a vevő, félaktív önirányítási rendszernek nevezzük. Utóbbi esetben az adóberendezés az irányítóponton (rakétát indító repülőgépen, „megvilágító” másik repülőgépen vagy földön) van elhelyezve. A rakéta indítása után a hordozó repülőgépnek olyan pályán kell repülni, amely biztosítja a célnak a fedélzeti rádiólokátorral történő „megvilágítását” egészen a rakéta célba jutásáig.
 - Passzív önirányítási módszernél a célok természetes kisugárzását használják fel, így a rakétán csak vevőberendezés van. Legelterjedtebbek a passzív infravörös célkoordinátorok, amelyek a repülőgép hajtóműből kiáramló gázok és a felmelegedett borítás hősugárzását érzékelik

(Sidewinder, Falcon, Red Top, Iгла, R-60). Előnye a viszonylagos egyszerűség, a nagy rávezetési pontosság és a rakéta indítás utáni azonnali kiválásának lehetősége („tűzelj és felejtsd el!” elv). Alkalmazásának korlátot szabnak a kedvezőtlen időjárási viszonyok.

Az irányítható rakéták külső formáját, konstrukciós kialakítását, harci alkalmazását lényegesen befolyásolják az irányító erők és nyomatékok létrehozásának módjai. Az irányító erők létrehozásának és kialakításának módszereit a rakéta harcászati alkalmazásának magasságtartománya szabja meg. Azoknál a rakétáknál, amelyek nagy magasságokon ($H > 30$ km) repülnek, gázdinamikai irányítást alkalmaznak. A gázdinamikai irányító erőt két módszerrel hozhatják létre:

- a fő rakétahajtómű tolóereje egy részének felhasználásával;
- a rakétafedélzeten elhelyezett manőverező hajtóművek segítségével.

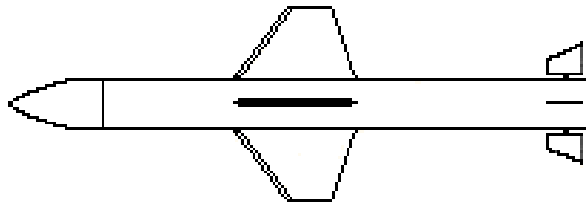
Az első módszer realizálásakor elfordítható kormányfelületeket un. interceptort (gázsugár kormánylapokat) helyeznek el a fő rakétahajtómű fúvócsövén kiáramló gázsugárban, vagy az egész hajtóművet, illetve a fúvócsövet fordítják el. Esetenként alkalmaznak ferde metszési sikkal ellátott fúvócsőtoldatot is. Gázdinamikai irányítás esetén a tolóerő nagyságának és irányának megváltoztatásával ériük el a rakéta tömegközéppontjának térbeli helyzetváltoztatását.

A repülőfedélzeti rakéták általában a légkör sűrűbb rétegeiben repülnek, ezért ezeken a rakétákon az irányító erő létrehozására aerodinamikai módszert alkalmaznak. Ennél a módszernél az aerodinamikai irányító erő a rakéta hordozófelületein (szárny, kormány, stabilizátor) jön létre oly módon, hogy ezeket az áramló levegő irányához viszonyítva egy bizonyos állásszögre elfordítják. Az aerodinamikai irányító erő legnagyobb része a szárnyakon keletkezik.

A RAKÉTÁK AERODINAMIKAI KIALAKÍTÁSA

A kormányoknak, a szárnyaknak egymáshoz és a tömegközépponthoz viszonyított helyzete szerint a rakéta aerodinamikai elrendezése lehet *normál*, *fordított*, *csupaszárny* vagy *forgatható szárnyas*.

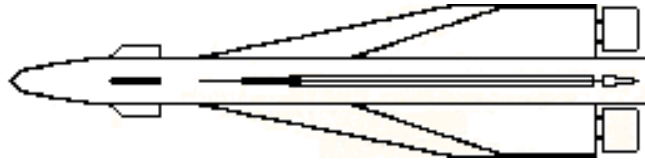
Normál (hagyományos) elrendezésnél (1. ábra) a kormányok a szárnyak mögött helyezkednek el. Az elrendezés előnye, hogy a kormányok kiterítése során keletkező légörvények nincsenek hatással a szárnyakra, jelentős kormánykitérítések hozhatók létre, a rakéta maximális állásszöggel repülhet, így az irányító erő is nagy lesz. Hátránya a viszonylag kis manőverező képesség.



1. ábra. Normál aerodinamikai elrendezés

Mivel a kormányfelületek a szárnyak légáramában dolgoznak, ezért ugyanazon hatás kifejtése érdekében felületüket meg kell növelni, így tömegük nő. Jelentős konstrukciós problémaként jelentkeznek a hajtóműben keletkezett gázok elvezetése és a kormány szerkezet elhelyezése a rakéta farok-részében. A rakéta hossz tengely körüli stabilizálása érdekében többnyire bonyolult, differenciál kiterítésű kormányokat kell alkalmazni.

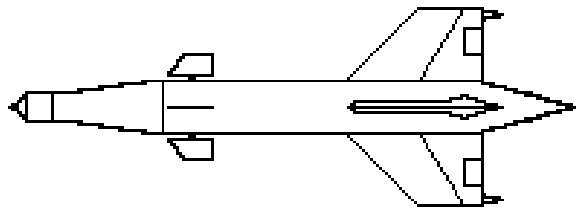
A **csupaszárny** elrendezés (2. ábra) a normál elrendezés speciális esete, amikor a kormányok a szárnyak kilépő élén helyezkednek el. Előnyei és hátrányai hasonlóak az előbb elemzett elrendezéshez.



2. ábra. Csupaszárny aerodinamikai elrendezés

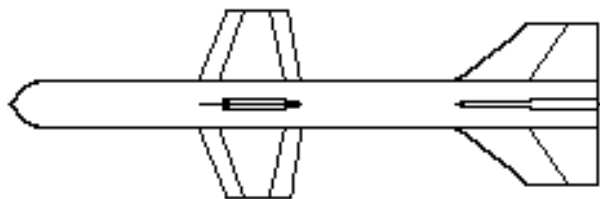
A fesz távolság csökkentése megkönnyíti a rakéta függesztését a repülőgépre, növeli a rakétatest szilárdságát, valamint a szárnyak kisebb igénybevétele miatt csökkenthető a rakéta tömege. Mivel a szárnyak nem takarhatják a harci részt és a közelségi gyújtót, ezért a szárnyat hátra kell tolni, ezzel nő a rakéta stabilitása, vagyis romlik az irányíthatósága. E nem kívánatos jelenség kiküszöbölésére a rakéta orr részén kisebb merev aerodinamikai felületeket, ún. destabilizátorokat helyeznek el. A rakéta dőlés szerinti stabilizálása a szárnyak kilépő élén elhelyezett kormányfelületek (eleronok) differenciál kiterítésével történik.

A **fordított** (kacsa) elrendezés (3. ábra) esetén a kormányok a szárnyak előtt helyezkednek el. Az elrendezés előnye, hogy egyensúlyi állásszögeken a szárnyon és kormányon azonos irányú irányító erő keletkezik, valamint a kormányok hatékony működését nem zavarja a szárnyakról leváló légáramlat, ami lehetővé teszi a kormányfelületek csökkentését. Hátránya a kormányfelületek maximális kiterítése esetén a szárnyak nincsenek teljes egészében kihasználva, valamint a kormányok által megzavart légáramlat kedvezőtlenül hat a rakéta irányíthatóságára. Negatív irányító erő illetve jelentős dőlési nyomaték keletkezik, amit a pörgettyús csűrők (rolleronok) vagy az eleronok alkalmazásával kompenzálhatnak.



3. ábra. Fordított (kacsza) aerodinamikai elrendezés

A forgatható szárnyas elrendezés (4. ábra) analógiája a fordított elrendezésnek, de a kormányfelületek helyett nagyméretű aerodinamikai felületek alkalmaznak, amelyeken a rakéta irányító ereje képződik, ezért szárnynak nevezik. A rögzített aerodinamikai felületek a rakéta végén vannak, ellátva a stabilizátor feladatát.



4. ábra. Forgatható szárnyú aerodinamikai elrendezés

A **forgatható szárnyú** elrendezés előnye az irányító erő gyors létrehozása, ami közvetlenül a szárny elfordulásakor keletkezik. Hátránya az irányításhoz nagy kormányfelületek és számottevő teljesítményű kormánygép szükséges, ami tömegnövekedést okoz.

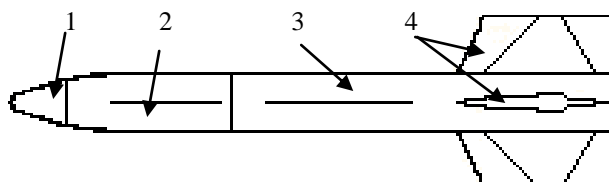
FEDÉLZETI RAKÉTÁK SZERKEZETI KIALAKÍTÁSA

Nem irányítható fedélzeti rakéta

A harci rakéták legegyszerűbb változata, megtalálható a vadász, a vadászbombázó és a harci helikopterek fegyverzetében. A korszerű repülőgépeken (űrmérettől függően) egytől kétszázig terjedő darabszámú nem irányítható rakéta függeszthető. Általában 40-240 mm űrméretű, egyszerű szerkezeti kialakítású, szilárd hajtóanyagú rakéták. A nagyobb űrméretű rakétákat földi célpontok ellen, a kisebb űrméretű rakétákat egyszerre nagyszámban szárazföldi csapatok légi támogatására alkalmazzák. Esetenként légi célok megsemmisítésére is felhasználhatók.

A 3-60 kg indulótömegű rakéták fejrészébe 0,3-20 kg tömegű robbanóanyag van. A rakéták célra irányítása a repülőgép hossz tengelyével történik, majd ezt követően a céltól megfelelő távolságra a rakétákat sorozatban indítják. A kisra-

kétákat a repülőgép szárnya alatt egyenként, vagy a szárny alá függesztett hengeres formájú indítókonténerekben (blokkokban) helyezik el. A kisebb sebességű repülőgépeknél indítószervezetként a hengeres konténeren kívül a tűzérési sorozatvetőkéhez hasonló csőkeget is alkalmaznak. Ezek a kisrakéták repeszromboló vagy páncéltörő harci részét a rakéta orr-részén lévő csapódógyújtó hozza működésbe. Ezek a rakétafegyverek a nagy tűzerejük és nagy szórásuk miatt elsősorban nagyobb területen elhelyezkedő célok ellen hatásosak. Felépítésük az 5. ábrán látható.

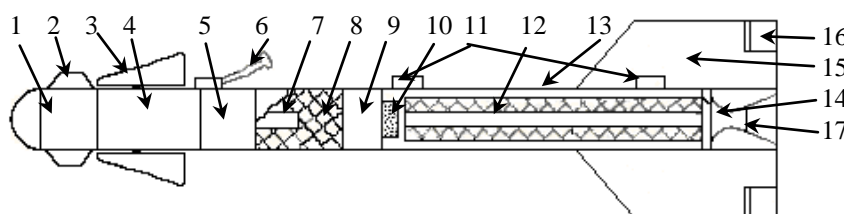


5. ábra. Nem irányítható fedélzeti rakéta

A harci rész (2), részei a ház és a robbanóanyag. Rendeltetése a cél megsemmisítése repeszromboló, kumulatív vagy speciális hatás útján. A harci résszel szoros kapcsolatban van a (leggyakrabban mechanikus csapódó) gyújtó (1), amely a céllal történő találkozáskor működésbe hozza a harci részt. A hajtómű (3) biztosítja a repülőhordozóról történő indításhoz, valamint a töltet gyors célbajuttatásához szükséges kiegészítő sebességet. A stabilizáló rendszer (4) a rakéta röppályán történő stabilizálására szolgál, ezzel biztosítva a becsapódás pontosságát és a kellő távolság elérését. A rakétatest végén található, esetenként indítás után abból nyílik ki.

Irányítható rakéták

Az irányítható rakéták (6. ábra) a légierő fő fegyverzetét képezik légi célok megsemmisítésére, de alkalmazhatók földi célok támadására is. Felépítése a 6. ábrán látható.



6. ábra. Irányítható rakéta

A rakéta célkoordinátorból (1), kormányrekeszből (4), közelségi gyújtó (5), harci részből (8), energia tápblokkból (9) és rakétahajtóműből áll. Az önirányító fej és a kormányrekesz képezi a vezérlő berendezést, ami biztosítja a rakéta célravezetését.

A harci rész szolgál a cél megsemmisítésére, amely repesz-romboló vagy speciális (pálcás) repesz-romboló repeszhatással rendelkezik. A rakéta célba csapódásakor a harci rész felrobbanása a kontakt adó, vagy a cél melletti elrepüléskor a közelségi gyújtó (infravörös, lézer vagy rádió) jele alapján történik. A harci rész nem kívánt működését tárolás, szállítás, rakétaindítás közben a biztosító-végrehajtó szerkezet (7) akadályozza meg, illetve céltévesztés esetén beindíthatja a rakéta önmegsemmisítését. Az energia tápblockk a rakéta autonóm repülése közben elektromos és pneumatikus energiával látja el a fedélzeti berendezéseket. A kormányberendezések, stabilizáló szerkezetek és turbogenerátorok működtetéséhez szükséges gázokat leggyakrabban lőporok elégetésével nyerik. Az elektromos energiát akkumulátorok, vagy turbogenerátorok segítségével állítják elő. A hajtómű biztosítja a rakéta repülését a cél elfogásához szükséges sebességgel, égőtere (13) a rakétatest teherhordozó részét is képezi. Alapvetően szilárd lőportöltetű rakétahajtóművel (12) szerelik, amelyet indítóöltettel (10) látnak el. A hajtómű működése közben a nagynyomású forró gázok a fűvócsövön, vagy nagy teljesítményű és rövid üzemidejű rakéták esetén több fűvókán, keresztül távoznak, amelybe nem üzemi körülmények között záródugót (17) helyeznek el a hermetikusság biztosítására. A fűvócső esetleges elzáródását diafragma (14) akadályozza meg. A stabilizáló szárnyakra (15) szerelik a pörgettyűs csűröket (16) vagy a csűrőlapokat. A rakétát függesztési csomópontok (11) segítségével rögzítik az indító berendezéshez, energiaellátása, ellenőrzése a hordozóeszközről elektromos (nyíró, vagy „kihúzó”) csatlakozó (6) segítségével történik. A destabilizátorok (2) javítják a rakéta irányíthatóságát.

A RAKÉTÁK HARCÁSZATI-MŰSZAKI ADATAIT MEGHATÁROZÓ TÉNYEZŐK

Viszonylag rövid idő alatt a rakéták rendkívül változatos típusait hozták létre. A rakéta geometriai méreteit, tömegét, külső formáját, a harci alkalmazás lehetőségeit, stb. röviden, harcászati-technikai adatoknak nevezzük, amelyek különbözősége a rakéták sokszínűségét eredményezi.

A rakétákkal szemben támasztott követelményeket a harci cselekmények, hadgyakorlatok tapasztalatai alapján, a felhasználás lehetőségeinek, a modellkísérletek eredményeinek figyelembe vételével és a legkorszerűbb technika alkalmazásának feltételezésével fogalmazzák meg. A célok típusai és a harci alkalmazás körülményei rendkívül tág határok között változhatnak, ezért célszerűtlen létrehozni un. univerzális rakétát, amely képes megsemmisíteni bármely légi célt azok előfordulási magasságában, ugyanakkor alkalmas földi célok megsemmisítésére is. A feladat nem megoldhatatlan, de az ilyen rakéta drága, nehéz és nagy geometriai méretekkel rendelkezik és milyen hordozó eszközre lehet függeszteni. Nem célszerű létrehozni rakétát speciális, szűk körű feladatok megoldására

sem, mert nagy számú rakéta típust kellene a légierő szolgálatába állítani, ami meglehetősen megnehezítené a fegyverzet műszaki kiszolgálásának körülményeit, a gyártást és a kiszolgáló állomány kiképzését. Fontos szem előtt tartani azt a tényt is, hogy, hogy a rakéta a rakéta-komplexum egy részét képezi, amelyhez tartoznak még:

- hordozó repülő, fedélzetükön speciális eszközökkel a rakéták függesztésére, szállítására és indítására, amit speciális felderítő, célzó és célkövető berendezések tesznek lehetővé;
- földi kiszolgáló eszközök a rakéták összeszerelésére, üzemképességük ellenőrzésére, szállítására, stb.;
- a repülőgépet irányító és a rakéta célbajuttatását biztosító hajózó állomány.

A megoldást néhány rakéta (rakéta-komplexum) létrehozása jelentheti, ahol mindegyik képes különböző feltételek mellett meghatározott típusú célok megsemmisítésére. A repülő-hordozó harci alkalmazási lehetőségének növelésére néhány (2-3) típusú rakétát függesztenek (pl. rádiólokációs és infravörös célkoordinátorral).

Egy rakéta tervezésének legáltalánosabb útja, hogy harcászati szakemberek elemzése alapján kiválasztásra kerül a főcsapás irányában várható tipikus cél, illetve annak megsemmisítésére alkalmas hordozó repülő (amelynek tervezése gyakran párhuzamosan történik). A cél, illetve a hordozóeszköz harcászati-technikai adottságai alapján megfogalmazásra kerülnek a rakétával szemben támasztott főbb követelmények. Néha előfordul, hogy a fokozott követelmények miatt a megvalósításnak fizikai korlátai vannak:

- a technika még nem kellően fejlett szintje;
- nagy induló tömeg (2-4 rakéta függesztésével kell számolni), amelyet a hordozó repülő nem képes célközeibe juttatni, stb.

Ilyenkor a rakéta csak szerényebb követelmények teljesítésére képes (kisebb befogási és indítási távolság, oldalirányú túlterhelések korlátozása, az alkalmazási magasság határainak szűkítése).

A rakéták harcászati-technikai adatai közül a leglényegesebb az induló tömeg, mivel a rakéta külső formáját és a harci alkalmazás zónáját alapvetően meghatározza.

A légiharc rakéták induló tömegét meghatározó körülmények:

- A rakétaalkalmazási magasság széles tartományban változik;
- a rakéta induló tömegére az indítási távolság követelménye gyakorolja a legnagyobb hatást. Ez a harci alkalmazás alsó és felső magassági határán jelentősen eltér;
- A rakéta minimális sebességének biztosítása alapvető feladat (Ha a rakéta indítása a maximális indítási távolságra meghatározott feltételek mellett történik, sebességét a céllal történő találkozás pillanatában minimális sebességnek nevezzük). Ahhoz, hogy a célt elérje, sebességének a találkozás pillanatában legalább ugyanakkorának kell lennie, mint a cél sebessége.

ÖSSZEGZÉS

A technika fejlődésének eredményeképpen mind pontosabb rakéták állnak a rendelkezésünkre, de a vadászrepülőgépek meg növekedett sebességével jelentősen csökkent a pilótának a cél felkutatására, azonosítására, a célzás végrehajtására, a rakéta indítására és rávezetésére álló idő. Ezért a korszerű harci repülőgépeken széleskörűen alkalmaznak olyan elektronikus tűzvezető rendszereket, amelyek a fedélzeti rakétákat félautomatikusan vagy automatikusan indítják és vezérlik a kiválasztott célra, megkönnyítve ezzel a pilóta tevékenységét. A korszerű vadászbombázó repülőgépek földi célok elleni rakétáinak többsége irányítható. Cikkünkben a repülőrakéták kialakulásának történeti áttekintését végeztük el a kezdetektől napjainkig azzal a szándékkal, hogy a repülőszakemberek számára olyan tanulmány álljon rendelkezésre, amely a szakmai fejlődésüket szolgálja e tématerületen belül.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Gyöngyösi Ferenc, Lőrincz Attila, Kónya László, Kakula János: Repülőgép-fedélzeti fegyverberendezések fejlesztési eredményeinek elemzése, tanulmány, Szolnok, 1990.
- [2] Lőrincz Attila: Repülőfedélzeti fegyverzet komplexum, Szolnok, 1990.
- [3] <http://www.sci.fi/~fta/ruaf-ap5.htm>
- [4] <http://aeroweb.lucia.it/~agretch/RAFAQ/AAMs.html>
- [5] Bill Gunston: Korszerű harci repülőgépek fegyverzete, Zrínyi kiadó, Budapest, 1995.

FÁZISVEZÉRELT ANTENNARÁCSOK

AZ ANTENNARÁCSOK ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE

Napjainkban a korszerű radarok sugárnyaláb eltérítései három egymástól jól elkülöníthető csoportra osztható:

- Antennarácsok;
- monopulse elvű radarok;
- szintetikus apertúrájú radarok.

Cikkemben csak az antennarácsokkal foglalkozom. Az antennarácsokban az eltérítési módszereknek három csoportja van:

- fázisvezérlés;
- amplitúdóvezérlés;
- frekvenciavezérlés.

Fázisvezérlésnél az egyes sugárzók fázisviszonyait fázistolókkal változtatva azonos amplitúdó eloszlást feltételezve mozgatják a fázisfrontot, s ezzel az iránykarakterisztikát.

Amplitúdóvezérlésnél az elemi sugárzók bemeneteit kommutálják, ezzel változtatják a helyi, vagy parciális iránykarakterisztikát és változik a teljes felületre vonatkozó eredeti iránykarakterisztika paramétere is. A kommutálásokat iránycsatolókkal, ferrites polaritásváltókkal, PIN-diódás fázistolókkal oldják meg.

Frekvenciavezérlésnél a tápvonalban terjedő jel frekvenciáját, ezzel együtt az antennarácsra jutó jel frekvenciáját változtatjuk, s ezáltal változik az elemi részek gerjesztésének fázisviszonya is.

A fázisvezérelt antennarácsok (FAR-ok) rendkívül rugalmas rendszerek megvalósítására alkalmasak, egyidejűleg több nyaláb kialakítható, valamint szokványos karakterisztikák nagy kisugárzott teljesítmény mellett megvalósíthatók.

Korábban az antennarácsokat kisebb hullámhosszokon a kevésbé bonyolult reflektoros antennák még kiszorították. Napjainkban azonban a mikrohullámú technika és a számítástechnika gyors fejlődése az elvet gyakorlatban kivitelezhetővé tette.

Ehhez a feltételeket az elektronikus úton vezérelhető fázistoló és kapcsoló teremtette meg. Az antennák paramétereit a sugárzók geometriai elhelyezése, valamint a gerjesztő jelek amplitúdója és fázisa határozza meg.

A FAR nyílásfelületén belül számos egyforma sugárzó (például: rés vagy dipólusugárzó) van elhelyezve. A FAR működése azon alapszik, hogy a kívánt

iránykarakterisztika létesítéséhez a nyílásfelületen szükséges térerősség eloszlás ismeretében sok kisméretű sugárzót kell megfelelő törvényszerűség alapján gerjeszteni.

A gerjesztési törvény függvényében nemcsak iránykarakterisztika formát, hanem annak térbeli elmozdulását is meg lehet valósítani. Gyakorlati követelmény az oldalszirom elnyomás, amely a széleken lévő sugárzó elemek miatt következik be.

Az antennarácsok lehetnek aktív és passzív rendszerűek. Az aktív rendszerben minden egyes elem után diplexerek és erősítőket helyeznek el. A passzív megoldásoknál egyetlen táplálási pont van.

Napjainkban a gyakorlatban a passzív antennarácsokat alkalmazzák a kisebb költségek miatt. Itt egy közös jelgeneráló és jelvevő egység van, s ezek jeleit manipulálják különböző beépített fázistolók segítségével.

A legnagyobb problémát a gyakorlatban az okozza, hogy hogyan lehet megvalósítani az elosztó áramkört úgy, hogy a kapcsolt jelünk fázistolts legyen, de azonos amplitúdó viszonyokkal.

Ennek megoldására három módszer van:

- leágazásos módszer;
- optikai módszer;
- mátrix módszer.

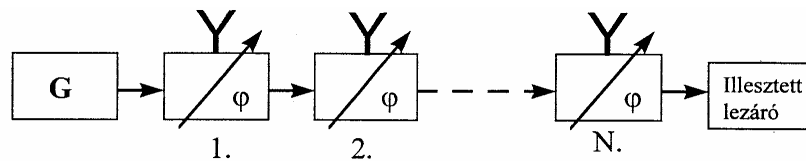
A következő fejezetben ezeket a módszereket mutatom be.

EGYENLŐ AMPLITÚDÓ ELOSZLÁST BIZTOSÍTÓ ÁRAMKÖRÖK

Leágazásos módszer

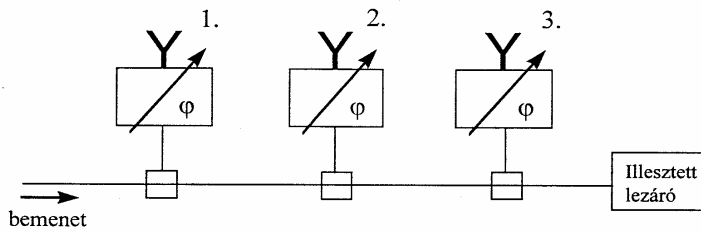
A tápvonallal történő táplálás szerint lehet soros, vagy párhuzamos. A párhuzamos lehet egyszintű, vagy többszintű struktúra. A soros táplálás lehet tápvonalszelekciós, vagy közvetlen becsatolású.

Tápvonalszelekció lényege, hogy a fő gerjesztő tápvonal fázisforgatókkal szekciókra van felosztva. Az antennákról csökkenő intenzitású jel jön le, előnye viszont az egyszerű kialakítás (1. ábra).



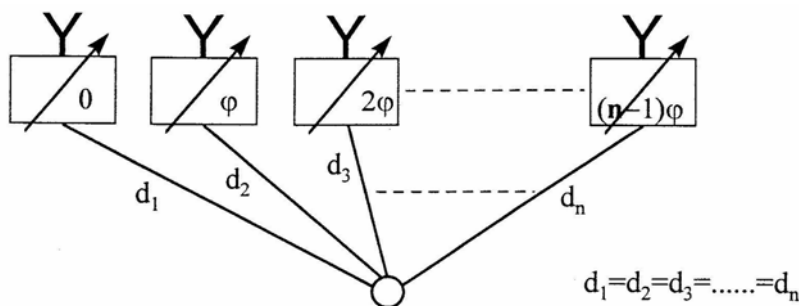
1. ábra. Tápvonalszelekciós módszer

Közvetlen becsatolású: a sugárzó elemek elé egy közös tápvonallról közvetlenül becsatolt fázisforgatókon keresztül érkezik a jel (2. ábra).



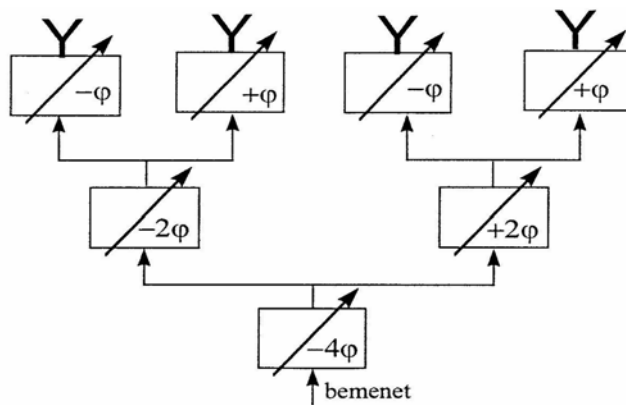
2. ábra. Közvetlen becsatolású módszer

Párhuzamos egyszintű táplálás: minden sugárzó elem saját, egyéni értékkel rendelkező fázistolón keresztül kapja a táplálást (3. ábra).



3. ábra. Párhuzamos egyszintű táplálás

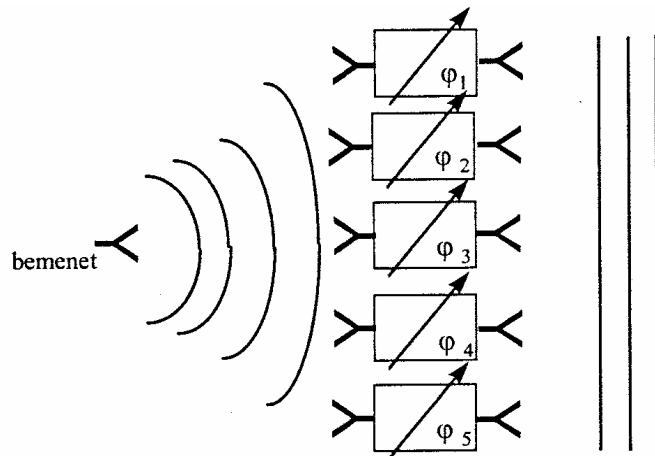
Párhuzamos többszintű táplálás: az egyes sugárzó elemek különböző fázisú táplálását többszintű fázistoló hálózattal valósítják meg (4. ábra). A fázistolás értéke a hálózatban szintenként változik.



4. ábra. Párhuzamos többszintű táplálás

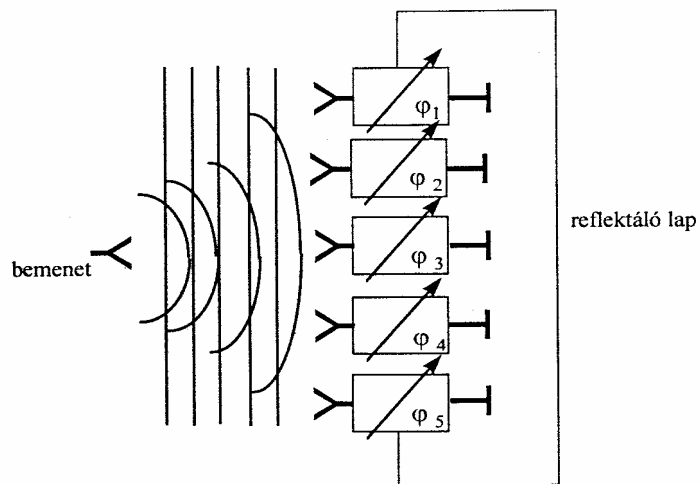
Optikai módszer

Átmenő típus: a primer sugárzó általában monopulse típusú tölcésugárzó, mely szférikus gombhullámokat állít elő (5. ábra). A fázistolók vevőantennával vannak ellátva, és a kimeneteik sugárzó dipólra kerülnek. Az így kapott eredmény síkhullámok sorozata.



5. ábra. Átmenő típus

Reflexiós típus: ez a megoldás teljes mértékben megegyezik az átmenő típussal, azzal a különbséggel, hogy a dipólok jeleit itt reflektáló lappal visszaveretik (6. ábra). Az eredmény szintén síkhullámok sorozata.



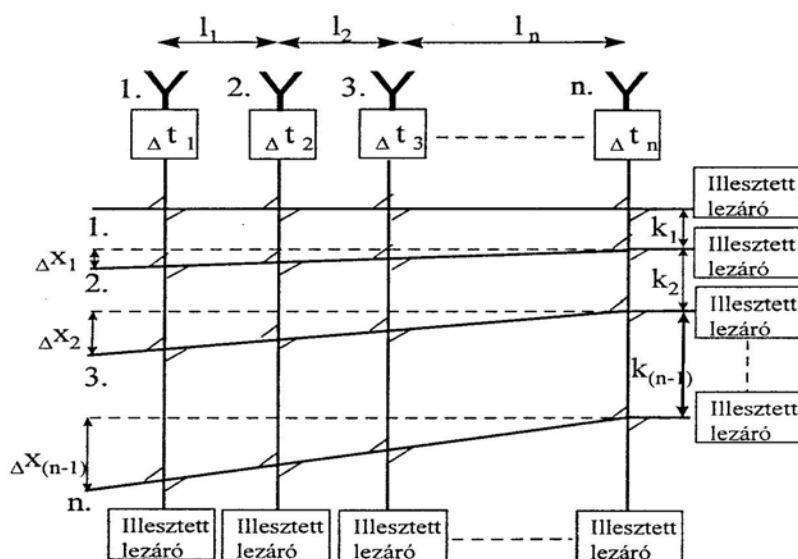
6. ábra. Reflexiós típus

Mátrix típusú nyálábeltérítés

Lényege, hogy mátrixszerű kapcsolat van a gerjesztő és sugárzó tápvonalak között. Annyi gerjesztő tápvonal szükséges, ahány különböző szögértékre van beállítva az antenna rendszer.

A módszer lehetővé teszi $\pm 90^\circ$ -os tartományon belül a sugárnyaláb eltérítést, de a szöghelyzetek diszkrétnek lehetnek csak. A tápvonalakat iránycsatolókkal kötik össze, és mind a sugárzó, mind a gerjesztő tápvonalak végei illesztett lezárával vannak lezárva.

A módszer gyakorlatilag egy multiplexelt lineáris antennarács beépített készletteléssel.



7. ábra. Mátrix típusú nyálábeltérítés

ahol:

$$k_1 < k_2 < \dots < k_{(n-1)}$$

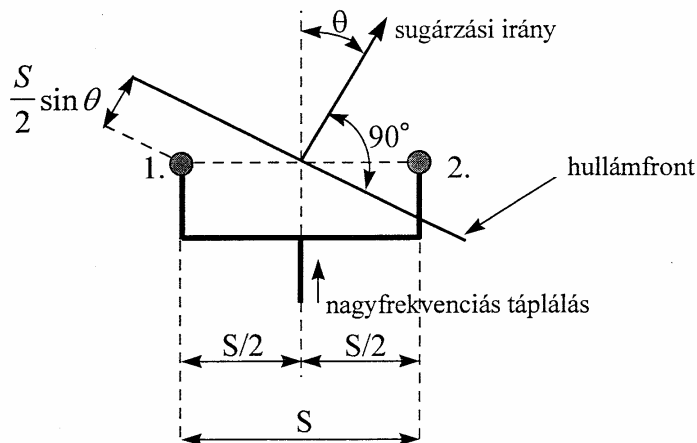
$$\Delta X_1 < \Delta X_2 < \dots < \Delta X_{(n-1)}$$

$$l_1 = l_2 = \dots = l_n$$

A FÁZISVEZÉRELT ANTENNARÁCS MŰKÖDÉSI ELVE

Két elemi sugárzó dipól iránykarakterisztikájának meghatározása

Az elemi sugárzókat a következő 8. ábra szerint helyezzük el egymás mellett.



8. ábra. Két elemi sugárzóból felépített antenna

A sugárzási irány, tehát az iránykarakterisztika merőleges a kialakuló hullámfrontra. A két izotróp sugárzó egymástól S távolságra helyezkedik el. Ha a bemenő teljesítményt egységnyinek vesszük és a két sugárzó a középpontban táplálva azonos gerjesztést kap, akkor az antenna távoli zónákra a jelek vektoriális összege a következő.

$$E_q(\theta) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left[e^{j\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)\left(\frac{S}{2}\sin\theta\right)} + e^{-j\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right)\left(\frac{S}{2}\sin\theta\right)} \right] \quad (1)$$

ahol: S - a sugárzók távolsága;

λ - a NF-ás táplálás frekvenciájából adódó hullámhossz;

θ - az iránykarakterisztika maximumának szöge a merőleges irányhoz képest.

Felhasználva az Euler formulát, miszerint:

$$e^{j\varphi} = \cos\varphi + j \cdot \sin\varphi \quad (2)$$

$$e^{-j\varphi} = \cos\varphi - j \cdot \sin\varphi \quad (3)$$

majd a (2)-es és (3)-as egyenleteket összeadva, és az így kapott egyenletet $\cos\varphi$ -re rendezve kapjuk a következő, (4)-es összefüggést.

$$\cos\varphi = \frac{e^{j\varphi} + e^{-j\varphi}}{2} \quad (4)$$

Legyen

$$\varphi = \left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \cdot \left(\frac{S}{2}\right) \cdot \sin \theta \quad (5)$$

Ekkor a normalizált antennaegyenleten alkalmazva az Euler formulát megkapjuk az antenna iránykarakterisztikáját.

$$E_a(\theta) = \cos\left(\frac{\pi \cdot S}{\lambda} \cdot \sin \theta\right) \quad (6)$$

ahol: $E_a(\theta)$ - az antenna iránykarakterisztikája.

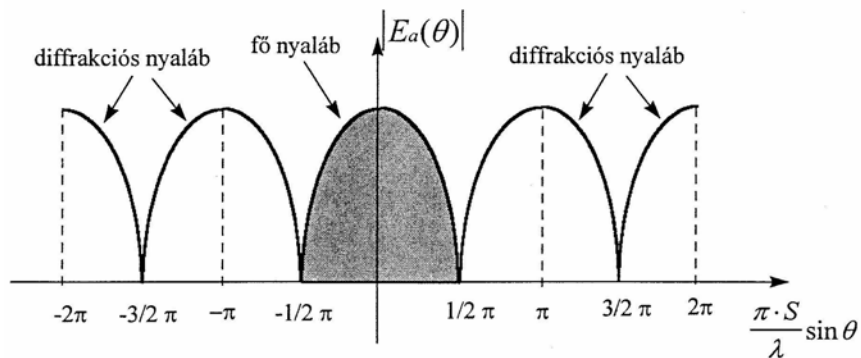
Az iránykarakterisztika lokális maximumokat vehet fel ott, ahol $\varphi = 0$, azaz:

$$\sin \theta = \frac{m \cdot \lambda}{S} \quad (7)$$

ahol: $m=0,1,2,3,\dots,k$

Ezek a helyeken maximumai vannak az iránykarakterisztikának.

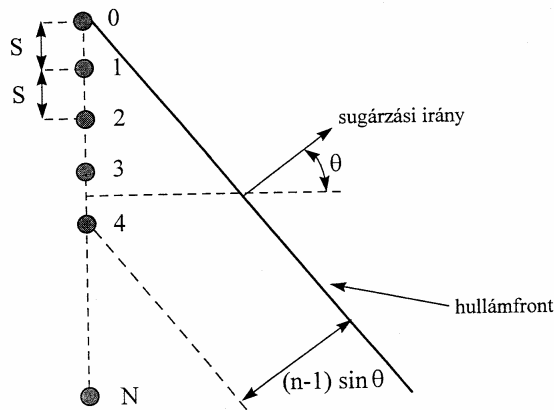
A $[-\pi/2-\pi/2]$ intervallumban az iránykarakterisztikának fő nyalábja van. Az ezen kívül eső tartományokban diffrakciós nyalábok találhatók. Ennek megfelelően egy két antennából álló rendszer iránykarakterisztikája a következő.



9. ábra. A két elemből álló rendszer iránykarakterisztikája

„N” számú izotróp elemi sugárzóból álló lineáris antennarács iránykarakterisztikája

A két elemből álló összeállítás után most egy N elemből álló antenna iránykarakterisztikáját fogjuk vizsgálni.



10. ábra. N elemből álló antennarendszer

Az n -edik elem és a hullámfront közötti távolság $(n-1) \cdot \sin(\theta)$. A sugárzó elemek közötti távolság S , és a sugárzók a két antennás példához hasonlóan azonos amplitúdójú gerjesztést kapnak.

A diffrakciós maximumok szintén azokon a helyeken alakulnak ki, mely helyekre a (7)-es feltétel teljesül.

Az iránykarakterisztika keskenyebb, mint kétsugárzós esetben és kialakulnak újabb mellékszirmok is. Az iránykarakterisztika egyenlete a következő.

$$E(\theta) = \frac{\sin \left[\pi \cdot \left(\frac{N \cdot S}{\lambda} \right) \cdot \sin \theta \right]}{\pi \cdot \left(\frac{N \cdot S}{\lambda} \right) \cdot \sin \theta} \quad (8)$$

ahol: N - az elemi sugárzók száma;

$E(\theta)$ - az N elemből álló antenna iránykarakterisztikája.

Az összefüggés egy állandó amplitúdóval gerjesztett N elemű apertúra térerősség eloszlásának Fourier transzformáltja. Az $N \cdot S$ szorzat az antenna effektív felülete.

A kapott $E(\theta)$ karakterisztika jól közelíti a valóságos, gyakorlati karakterisztikát kis θ értéknél, valamint az apertúra megfelelően nagy geometriai méreténél. A karakterisztika szélessége 3dB-es szinten a következő.

$$\theta_{3dB} = \frac{50.8^\circ \cdot \lambda}{N \cdot S} \quad (9)$$

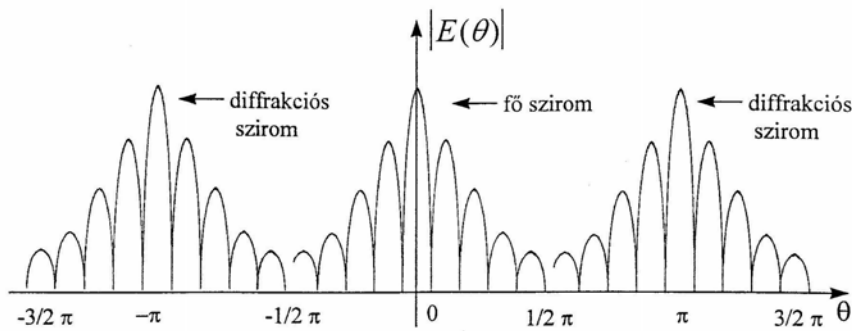
Nagyobb θ értéknél, illetve kisebb méretű apertúra esetén az $E(\theta)$ összefüggés kiegészül a Huygens féle együtthatóval.

$$E(\theta) = \frac{1}{2}(1 + \cos \theta) \cdot \frac{\sin \left[\pi \left(\frac{N \cdot S}{\lambda} \right) \cdot \sin \theta \right]}{\pi \left(\frac{N \cdot S}{\lambda} \right) \cdot \sin \theta} \quad (10)$$

ahol: $f_H(\theta) = \frac{1}{2}(1 + \cos \theta)$ - Huygens féle együttható

Az $E(\theta)$ összefüggés felhasználásával például egy $N=10$ sugárzóelemből álló lineáris antennarács iránykarakterisztikája a következő.

$$|E(\theta)| = \left| \frac{\sin \left[N \cdot \pi \cdot \left(\frac{S}{\lambda} \right) \cdot \sin \theta \right]}{N \cdot \sin \left[\pi \cdot \left(\frac{S}{\lambda} \right) \cdot \sin \theta \right]} \right| \quad (11)$$



11. ábra. Egy tíz elemből álló sugárzó sor iránykarakterisztikája

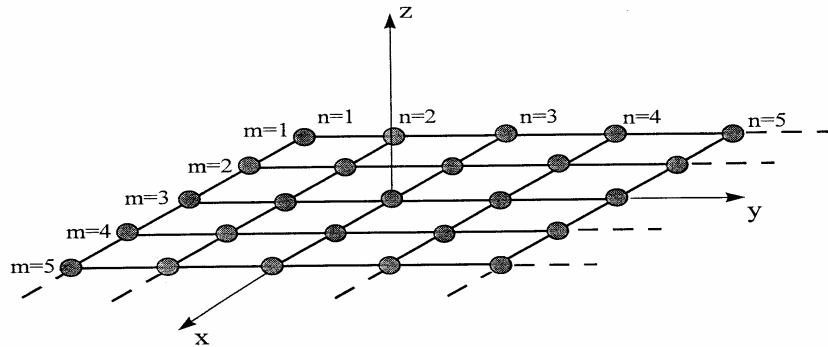
A fázisfront (iránykarakterisztika) mozgatása

Az előzőekben egy N darabszámú sugárzó sor iránykarakterisztikáját vizsgáltuk. Ebben a fejezetben bemutatom, hogy több ilyen egymás mellé helyezett sugárzó sor, vagyis egy antennarács kialakuló iránykarakterisztikáját hogyan mozgathatjuk helyszög és oldalszög szerint.

Az antenna iránykarakterisztikájának mozgatásához az elemi sugárzókat a következő törvényszerűség szerint kell vezérelni.

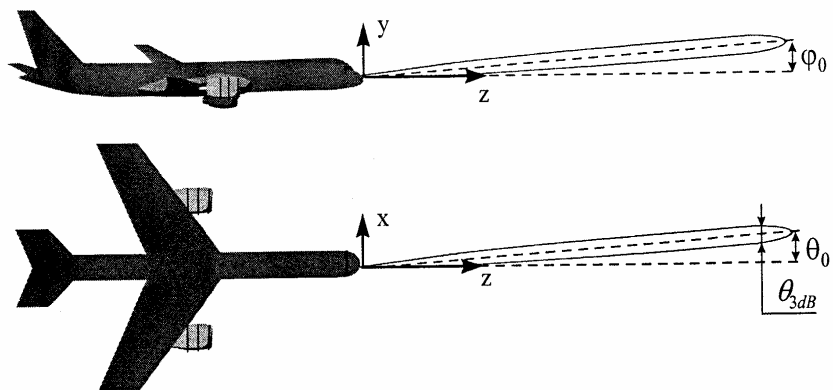
$$\Phi(m, n) = -\beta(m \cdot \sin \theta_0 \cdot \cos \varphi_0 + n \cdot \sin \theta_0 \cdot \cos \varphi_0) \quad (12)$$

ahol: $\Phi(m, n)$ - koordinátafüggő fázistolás;
 m, n - elemi sugárzók elhelyezkedési koordinátái;
 θ_0, φ_0 - az iránykarakteristika maximumának szögei (θ_0 -oldalszög, φ_0 -helyszög).



12. ábra. Elemi sugárzókból felépített antennarács

Az oldalszög, helyszög és az iránykarakteristika szélesség fogalmait a következő, 13. ábra segítségével magyarázzuk. Az x, y, z tengelyek az antennarács felületén történő elhelyezkedését szemléltetik a 12. ábra jelölései alapján.



13. ábra. Az oldalszög, helyszög és iránykarakteristika-szélesség fogalmait magyarázó ábra

ahol: θ_0, φ_0 - az iránykarakteristika maximumának szögei (θ_0 -oldalszög, φ_0 -helyszög);
 θ_{3dB} - a karakteristika szélessége 3dB-es szinten.

A FAR-okban az x - y tengelyek mentén elhelyezett sugárzók egymáshoz viszonyított fázistolásai a következők:

— az x tengely mentén

$$\Delta\Phi_x = -\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \cdot dx \cdot \sin\theta_0 \cdot \cos\varphi_0 \quad (13)$$

— az y tengely mentén:

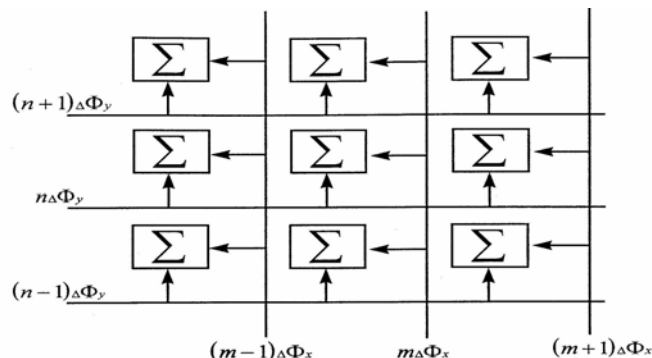
$$\Delta\Phi_y = -\left(\frac{2\pi}{\lambda}\right) \cdot dy \cdot \cos\theta_0 \cdot \sin\varphi_0 \quad (14)$$

ahol: d_x, d_y - az x, y tengely mentén a sugárzók egymáshoz viszonyított távolsága
Az m -edik oszlop n -edik sorában elhelyezkedő elem fázistolása a következő.

$$\Delta\Phi_{mn} = m \cdot \Delta\Phi_x + n \cdot \Delta\Phi_y \quad (15)$$

Mind a FAR-felület, mind a fázistolás vezérelhetősége a mátrix rendszerű megvalósítást indokolja. Az utóbbi összefüggés összegzése miatt a sugárzó egy szummátorral egészül ki, melyre a $\Delta\Phi_x$ és $\Delta\Phi_y$ egész számú többszöröse kerülnek.

Így az x tengely mentén az m -edik oszlopban, az y tengely mentén az n -edik sorban elhelyezkedő sugárzó, illetve a szomszédos sugárzók fázisvezérlése a következő, 14. ábra alapján valósul meg.



14. ábra. A sugárzók fázisvezérlésének megvalósítása

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Dr. Almássy György: *Mikrohullámú kézikönyv*, Műszaki Könyvkiadó, 1973.
- [2] Frigyes I., O. Schwelb, Bérces J.: „Investigation and improvements in microwave optoelectronic variable delay lines” *Microwave Symposium, Digest* San Francisco, 1996.
- [3] Nicholas Madamopoulos, Nabeel A. Riza: „Polarization selective hologrambased photonic delay lines” *Optics Communications*, 157, 1998. pp. 225–237.

AZ ÜZEMBENTARTÁS SZINTJEI, SZERVEZETI ELEMELI ÉS A TEVÉKENYSÉGET BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

Az üzembentartás nemzetközileg kialakított szervezetei három szinten tevékenykednek. „O” – angolul „organization” szintnek nevezik a repülések közvetlen kiszolgálását végző szervezetet. Ez a repülőtereken a repülőgépek repülés előtti, repülés utáni, illetve ismételt repülési feladatra történő előkészítését végzi. Katonai repüléseknél általában alegység (század) szintű szervezet végzi ezt a tevékenységet. Technikai szempontból a repülőgépeknek teljesen üzemképesnek kell lennie. Rajtuk általában csak üzemanyag és fegyverzet feltöltést, rakéta, vagy speciális berendezés felfüggesztést, általános üzemképesség ellenőrzést végeznek. A végrehajtó szervezet nagysága függ az alegység repülőgépeinek számától, a repülőgépek speciális berendezéseitől és fegyverzetétől, valamint a gyártó által előírt ellenőrzési feladatok időtartamától. Célszerű, ha a repülések előkészítésénél a „starton”, vagyis a közvetlen repülés előkészítési zónában, a szerkezet megbontásával járó, mélyebb hibajavító tevékenység nem történik.

„I” azaz „intermediate” vagy „közép” szintnek nevezik a repülőgépeken történő előírt periodikus ellenőrzések végrehajtását. Ennek érdekében a javítási, ellenőrzési célnak megfelelő hangárt és műhelyt hoznak létre a technológiai folyamatok szakszerű végrehajtására. Az „I” szintű tevékenység létszám és szakképzettség szükségletét a karbantartási technológiában előírt szakmák és munkaigény alapján határozzák meg.

A „D” azaz „DEPOT” szintnek nevezik a repülőgépek ipari nagyjavítását. Ennek a javítási formának feladata az előző két ellenőrzési technológia végrehajtásával, alapvetően csapat szinten végzett ellenőrző javító tevékenység kiegészítése a repülőgépek olyan mélységű szétszerelésével, az alkatrészek, berendezések szétszerelt állapotban történő, főleg műszeres vizsgálatával, melyet csapat szinten nem célszerű végezni (Ennek gazdaságossági vizsgálatára később visszatérünk.) [16, 21].

Az üzembentartást végző szervezet mind felépítésében, mind tevékenységében alapvetően kihat a repülőtechnika működési költségeire. A működési költség összetevői:

- a tartalék anyagok szükséglete egy repült órára;
- a földi kiszolgálás munkaóra szükséglete egy repült órára;
- üzem, kenőanyag, egyéb anyag felhasználás egy repült órára.

A tartalék alkatrész szükséglet meghatározását a megbízhatóság elmélet segítségével példán fogom alkalmazni.

Az üzem, kenőanyag, egyéb anyagok felhasználása egy repült órára megadásra kerül a repülőgépek technikai leírásaiban.

Az üzembentartó szervezet kialakítása előtt el kell dönteni, alapvetően az üzemben tartott *repülőgépek mennyiségének függvényében*, hogy:

- hány alegységben lesz telepítve a repülő géppark;
- az alegységek egy, vagy több repülőtéren lesznek elhelyezve;
- az „I” szintű kiszolgálás egy, vagy több településen történik;
- a „D” szintű kiszolgálás hazai vagy külföldi bázison fog történni.

Teljesen nyilvánvaló, hogy az üzembentartó szervezet szintjeinek mennyisége függ az üzemben tartott repülőgépek számától.

Egy alegységbe 12 db harci, és 2 db gyakorló harci repülőgépet célszerű szervezni. Az alegység feladata az „O” szintű üzembentartási feladatok ellátása. Ennek érdekében alapvetően, olyan kiképzett szervezetet kell létrehozni, amely a repülőgépek számát és a kiszolgálásra kerülő szakterületek specifikumát figyelembe veszi. Ez repülőgépenként 5-7 fő személyi állományt igényel általában.

„I” szintű szervezet akkor is szükséges, ha csak egy alegység, vagyis 14 db repülőgép üzembentartását kell biztosítani. Mivel bármennyire törekszünk is a hibajavító tevékenységet csökkenteni, bizonyos repült óra, vagy naptári idő után karbantartási feladatok szükségessé válnak, illetve bonyolultabb, nagyobb berendezések cseréjét csak megfelelő hangár, szakműhely segítségével végezhetjük, az „I” szintű tevékenységen állandóan számolhatunk a géplétszám 0,1–0,15%-ával. Ennek létszám igénye a szakműhelyek, azok speciális berendezésekkel való ellátottsága, és a javításon levő repülőgépek számából meghatározható.

Célszerű a repülőgép gyártójával megállapodni a „D” szintű ellenőrzések javítások elvégzésére a gyártó, vagy valamelyik nagyszámú repülőgépet üzembentartó bázisán.

Amennyiben hazailag csak „O” és „I” szintű üzembentartás történik, akkor lényegesen kisebb tartalék alkatrész készlet, földi berendezés, személyi állomány, épület és gépi, illetve ellenőrző berendezés válik szükségessé. Ez lényegesen csökkenti az üzembentartás költségeit.

Annak érdekében, hogy vizsgálni tudjam az üzembentartás szervezetét, elemezni kell a repülőgéppel szembeni, az üzembentartást alapjaiban meghatározó követelményeket.

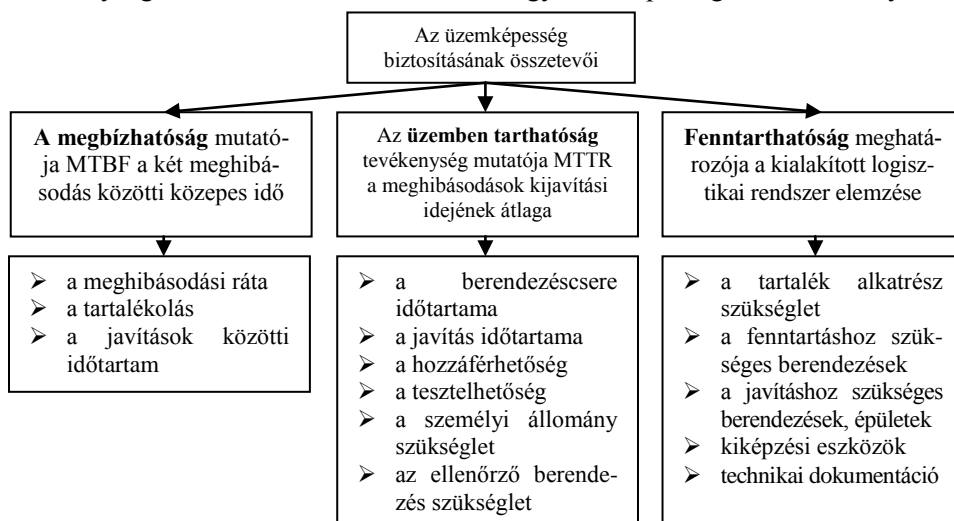
A repülőtechnika teljes élettartama alatt a készenléti szint és a fenntartási költségek közötti egyensúlyt az üzembentartó tevékenység tartja fenn.

Az üzembentartó tevékenység –véleményem szerint – három pilléren nyugszik (lásd 1. ábra). Első a repülőgép tervezésekor meghatározott és beépített megbízhatóság, üzembentartathatóság, és fenntartás követelmény rendszere. A második az üzembentartási koncepció és a logisztikai források. A harmadik pedig az

üzembentartási koncepció finomítása és optimalizálása, a logisztikai források folyamatos biztosítása az üzembentartási tapasztalatok gyűjtése és elemzése alapján.

Ezen pilléreknek a repülőgép élettartama alatti együttes biztosítása, lehetővé teszi a fenntartás leginkább költségkímélő megoldásait, a repülőgép maximális üzemképességi, hadrafoghatósági szintjének biztosítását.

A maximális üzemképesség nem csak a megbízhatóság és az üzembentartási tevékenység, hanem a fenntartási rendszer együttes képességének eredménye.



1. ábra. Az üzemképesség biztosításának összetevői

A repülőgépek tervezésénél figyelembe veszik a korábbi típusokon alkalmazott gyártástechnológiai módszereket és elért eredményeket, felhasználják azokat a megbízhatósági és üzembentartási jellemzőket, amelyeket ideális működési környezetben figyelembe tudnak venni a földi üzembentartásnál, úgy a tervezett, mint a nem tervezett karbantartó tevékenység során.

Az így fenntartható üzemképesség mértéke, az egész rendszer hatékonyságának fokmérője, ezért függ az üzembentartás szervezetétől.

A továbbiakban megvizsgálom, hogy a fenti fogalmak és mérőszámok hogyan hatnak az összefüggésekre.

AZ ÜZEMBENTARTOTT REPÜLŐGÉP MEGBÍZHATÓSÁGÁNAK ELEMZÉSE

A meghibásodások intenzitásának, más szóval rátájának kiszámítását az (1) egyenlet alapján határozhatjuk meg.

$$T_{\text{közepes}} = \int_0^{\infty} R dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda_0} \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} d \left(\frac{1}{\lambda} \right) \quad (1)$$

A tervezés során párhuzamosan, esetleg többszörösen is párhuzamosítottan kapcsolt berendezések, rendszerek segítségével növelik a működési megbízhatóságot. Ez lehetővé teszi, hogy valamely berendezés, vagy rendszer meghibásodása esetén a repülőgép képes legyen feladata folytatására, és az előfordult meghibásodást a tönkrement egység cseréjével csak a feladat végrehajtása után kelljen elvégezni.

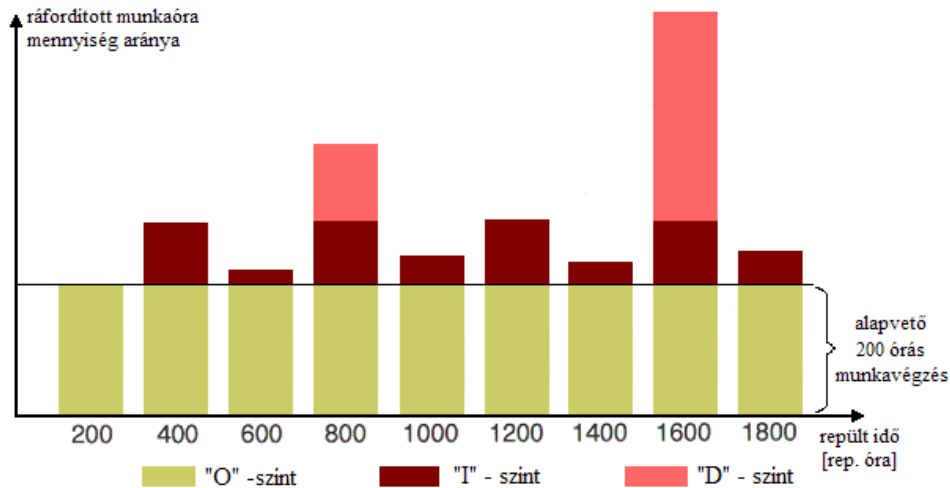
A repülőgépre vonatkozóan lehetséges, hogy a megbízhatóságot, mint a repülőgép üzemeltetésének meghatározott kezdeti időszakában összegyűjtött adatok alapján számított „gyakorlati” értéket határozzuk meg. De a gyakorlat, új repülőgép esetén jelenthet becslést, amit már működő, korábbi hasonló repülőgép adataival való összehasonlítással végzünk.

Például a Svéd Gripennél a két meghibásodás közötti repült idő becslését a korábbi Vigggen típus üzemeltetési adataival történt összehasonlítás útján határozták meg. A Vigggenél az MTBF előre becsült értéke 5,5 repült óra volt. A gyakorlati üzemeltetés során a mért eredmény 4,5 repült óra vagyis 18%-al kevesebb értéket mutatott. Ugyanazon nemzetközi MIL szabványok alkalmazása esetén a Gripenre az előre becsült MTBF érték 9,3 repült órát adott. Alkalmazva a Vigggenél kapott eltérési százalékot a számított és a gyakorlatban mért értékek között a Gripenre az MTBF értékét 7,6 repült órában határozták meg, ami 18%-al kevesebb a számított értéknél. Ez a szám magába foglalja a repülőgépen bekövetkező valamennyi meghibásodást, a madárral való ütközés és a helytelen javító, karbantartó tevékenységből adódók kivételével [12, 13, 14, 17, 21, 27, 28].

Az előírt megbízhatósági szint fenntartását minden repülőgépnél *úgy a hibamegelőző, mint a hibajavító típusú üzemeltetési módszerrel végzik*. A hibajavító rendszer tevékenységének alapja a beépített önellenőrző rendszer, mely rögzíti a bekövetkezett meghibásodást, és megfelelő kialakítás esetén közli annak helyét, a berendezés típusát, a hiba jellegét. Ezt a munkát általában az „O” szinten, szükség szerint végzik.

A hibamegelőző tevékenység, általában karbantartó jellegű, amit a repült időhöz, illetve az időjárás hatások ellensúlyozására, naptári időhöz kötik. Ennek tervezhetősége, valamint a karbantartások mélysége miatt megfelelő helye az „I” szinten van. Annak érdekében, hogy a karbantartási feladatok bonyolultságuk alapján, a repült és a naptári idő előrehaladásával követni tudják a repülőgép állapotának változását, egymásra épülnek. Ez azt jelenti, hogy pl. a 400 repült óra után végzendő karbantartás magában foglalja a 200 óra után végzendő munkák munkapontjait is, és így tovább. A hibamegelőző karbantartások időintervallumait tapasztalati úton határozzák meg és megfelelő időközök után, korrigálják.

A 2. ábrán látható, hogy az alapul vett 200 repült órák utáni ellenőrzések a leginkább indokolt feladatokat tartalmazzák, lényeges feladat növekedés a "D" szintű javítások esetén jelentkezik, amikor a repülőgépet mélyen megbontják.



2. ábra. Hibamegelőző karbantartás grafikonja [26]

AZ ÜZEMBENTARTHATÓSÁG

Az üzembentartási munkák könnyű, vagy nehéz körülmények közötti végrehajtását a tervezés során döntenek el, amikor a berendezések elhelyezésénél figyelembe veszik (vagy sem), hogy azokat meghibásodás esetén cserélni kell. Ezért az egyik legfontosabb követelmény, a **hozzáférhetőség**. A repülőgépek tervezése során biztosítani kell, hogy a meghibásodott berendezéseket, könnyen, gyorsan cserélni lehessen. Ezt biztosítja a könnyű hozzáférhetőség. Ha a korszerű repülőgépek nyílás fedeleit szereszám nélkül, egy nyomógomb megnyomásával nyitni lehet, a berendezést gyorsan, szereszám nélkül oldható csatlakozó segítségével ki lehet szerelni, ez jelentős idő, és munkaerő megtakarítást jelent az „O” szintű kiszolgálásnál.

A javításhoz szükséges átlagos helyreállítási idő

A hibák kijavításához szükséges átlagos helyreállítási időtartam¹ vonatkozik a teljes üzembentartó tevékenységre mind a hibamegelőző, mind a hibajavító tevékenység során. A javító tevékenységnél magába foglalja a hiba behatárolását,

¹ MTTR (Mean Time to Repair) – átlagos helyreállítási idő. [MSZ IEC 50(191):1992, p. 38.]

a berendezéscsere előkészítését, a berendezés cseréjét vagy javítását és végül a javítás utáni állapot ellenőrzést. Az MTTR mérőszáma a felsorolt részidők összege [6, 7]. A helyreállítás közepes idejének tartalmi összetevői

$$MTTR_i = R1 + R2 + R3 + R4 + R5 \quad (2)$$

ahol:

- R1 — előkészítési idő;
- R2 — hiba behatárolási idő;
- R3 — berendezéscsere ideje;
- R4 — különböző helyreállítások ideje;
- R5 — rendszer ellenőrzés ideje.

Minden egyes elem fenti időtartamát külön megbecsülik és ellenőrzik. A Svéd Gripenre a gyártó például a 1. táblázatban az alábbi értékeket adja meg:

1. táblázat	Átlagos helyreállítási idő [21]
„O” szintű munkánál	2,9 munkaóra
„I” szintű munkánál	2,3 munkaóra
„D” szintű munkánál	4,5 munkaóra

A **berendezéscsere időtartama** meghatározó paraméter. Értékének meghatározása a munkaidő normázásával, átlagnorma kialakításával történik. Korszerű repülőgépekre nemzetközileg elfogadott normaként „O”, és „I” szintű munkák egy repült órára jutó szüksége az MTTR-re 2,5 munkaóra.

A tesztelhetőség

A repülőgép könnyű és gyors ellenőrizhetősége különösen fontos a starton, az ismételt feladatra történő előkészítések során. Ennek általában két, egymást kiegészítő formáját alakítják ki. Az egyik forma a külső szemrevételezés. Ekkor a repülőgép szerelője figyelmesen körüljárja a repülőgépet annak megállapítására, hogy nincs-e valahol deformálódás, folyadékszivárgás, repedés, vagy törés, illetve a felfüggesztett berendezések helyesen illeszkednek-e a repülőgéphez.

A második ellenőrzési folyamat a repülőgép fő kapcsolójával, a berendezések áram alá helyezése. A rendszerek elektromos táplálásának felkapcsolásakor minden esetben végrehajtásra kerül egy beépített teszt², amely során ellenőrzi a rendszer elemeinek működőképességét, illetve az összeköttetést a perifériákkal.

² A beépített önellenőrzés funkciót a rendszerszámítógépben (System Computer) lévő program felügyeli és gyűjti a rendszerektől érkező állapotjeleket, melyek itt kerülnek értékelésre és összegzett formában jelentésre az alkalmazó részére. A beépített önellenőrző rendszer az úgynevezett „Safety Check” (SC) lehet automatikus, vagy kézi indítású.

Amennyiben valamely rendszerelem meghibásodása feltárássra kerül a beépített önkontrol segítségével, úgy a rendszer meghibásodása a repülőgépvezető fülke központi kijelzőjén³ megjelenik.

Az ellenőrzés egy összegzett státuszjelentéssel zárul, mely szerint a repülőgép a repülési feladat végrehajtására alkalmas „Safety Check OK”, vagy a rendszer meghibásodást észlelt „Mission Critical Fault” esetleg a repülés biztonságra kihatással bíró hiba üzenet jelenik meg „Flight Safety Critical Fault” [8].

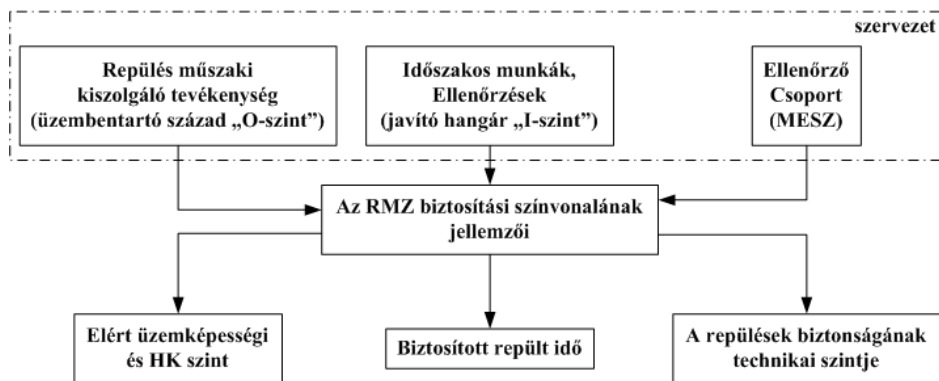
A személyi állomány szükséglet

A munkavégző szervezet személyzetének vizsgálatával — kiválasztásával, kiképzésével, foglalkoztatásával — a munkaléktan foglalkozik, a munkahely berendezése, alkalmassá tétele a feladat elvégzése az ergonómia területére tartozik.

A repülőtechnikán végzett munka mindenki számára, aki közvetlenül érintkezik vele, felveti a felelősség — különösen nagy érték és az emberélet — iránti igényt. Ezért a probléma vizsgálatánál mindezen tényezőket figyelembe kell venni. Éppen emiatt a repülőtechnika üzemeltetését a követelmények oldaláról nem lehet egy szinten kezelni semmilyen más technikai eszköz üzemeltetésével [5].

A szakemberek iránti igény

A repülőtechnikán valamennyi munkát a MH repülőcsapatoknál a Repülő mérnök-műszaki zászlóalj (RMZ) személyi állománya végzi. E tevékenysége során rendszeres, előírt kizsgáló- és ellenőrző tevékenység, valamint időszakos javítások és ellenőrzések sorozatával biztosítja a kívánt (elérhető) üzemképességi, harckészültségi, illetve repülésbiztonsági szintet, valamint a kiképzéshez, harc feladat ellátásához szükséges repült időt (3. ábra).



3. ábra. Az RMZ tevékenység funkcionális vázlata [22]

³ Central Display-n.

Tehát azt mondhatjuk, hogy az RMZ személyi állománya tevékenységének célja a repülőeszköz tulajdonságai közül a technikai feltételekkel biztosítható hatékonysági jellemzők maximumának a legalacsonyabb munka- és anyagi ráfordítás mellett történő fenntartása [5, 19, 20, 22].

A 3. ábrán látható, hogy repülő ezred szinten a repülőgépek üzemeltetésének megszervezésére, létre kell hozni olyan alegységet, amelyik kizárólag az „O” szintű üzemeltetési feladatokat hajtja végre. Ez az alegység helyileg a repülőgépek közelében települ, hozzá tartozik a repülőgépek álló, illetve tárolási helye, ami jelenleg bizonyos védeltséget biztosító fedezékekből áll. Itt történik a repülőgépek repülésre történő előkészítése, őrzése, tárolása. Innen történik kigurulásuk, vagy kivontatásuk a kiképzési, vagy harci feladatok végrehajtásához a startra, vagy indítási zónába.

Az indítási zónában történik a repülőgépek ismételt repülési feladatra történő előkészítése, illetve a repülési feladatok befejezése után a repülés utáni előkészítés és a fedezékbe történő visszavontatás.

Az „I” szintű üzemeltetési feladatok előkészítésére, szakműhelyekkel rendelkező hangár épület szükséges. A hangár azért fontos, mert az „I” szintű technológiai feladatok jelentős részénél a repülőgépet megbontják, ugyanakkor a belső tereket óvni kell az időjárás, vagy a környezet hatásaitól. A szakműhelyek felszereltsége, tegye lehetővé az előírt technológiai munkapontok végrehajtását.

Magyarországon, a polgári repülés területén alkalmazzák 2042/2003/EK rendeletben a PART–145 cím alatt Karbantartó szervezetre vonatkozó előírásokat (JAR-145). Ezen belül a fent már említett 21/1998 HM rendelet meghatározza „A gyártás, javítás és a karbantartás feltételeit”, melyek mind az „O”, mind az „I” szintű feladatok végrehajtására vonatkoznak.

Az ellenőrző tevékenység által gyűjtött adatok elemzésére, az eredmények alapján az üzemeltetési előírások helyesbítésének, az anyagbiztosítást érintő módosítások kidolgozásának elkészítésére adatfeldolgozó szervezetet kell létrehozni.

Azért, hogy az üzemeltető szervezet képes legyen az elé állított feladatokat maradéktalanul elvégezni, rendelkeznie kell a megfelelő szervezettel, létszámmal.

A létszám

A munka végrehajtásának színvonala nagymértékben függ az üzemeltető szervezet létszámától, melyet alapvetően meghatároz a szakképzettség megoszlása és annak szintje. Ez a fajta felosztás azért szükséges, mert egyrészt a különböző üzemeltetési munkák más és más szakképzettséget igényelnek (pl. gépész, elektromos, rádiótechnikai, fegyverzettechnikai stb.), másrészt a munka bonyolultsága meghatározza, hogy milyen képzettséggel rendelkező szakember képes annak elvégzésére [5, 22, 24].

A repülőezrednél alapvetően két feladatot kell jelenleg és a jövőben is végrehajtani, egyrészt a repülések kiszolgálását, másrészt az időszakonként esedékes átvizsgálásokat, karbantartásokat és javításokat. Mindkét esetben biztosítani kell a végrehajtás és az ellenőrzés függetlenségét, azaz szavatolni a minőséget. A munka végrehajtásához megfelelően felkészült szakállományra van szükség.

A különböző állománykategóriák⁴ szakmai feladataik arányában képviselik a szervezetüket. Ezen feladatok elvégzésére kapacitásszámítást végzünk. A szükséges és rendelkezésre álló munkakapacitás egyensúlya adja a létszámok normalizálható szintjét.

A létszám a naptári idő függvényében rendelkezik bizonyos ingadozással (szabadság, betegség, szolgálat, vezénylések stb.). Ennek figyelése fontos, mert a – krónikussá váló, hosszú ideig tartó – létszámhiány túlterhelést okoz, amely rontja a munkafegyelmet, a technológiai fegyelem megsértését idézheti elő, ami csökkenti a repülések biztonságát.

A személyi feltételek minőségi problémái

A megfelelő létszám biztosítása, a munkavégzés személyi feltételeinek csak egyik oldala. A munkavégzés színvonala csak akkor éri el a követelmények szintjét, ha a létszámon belül megfelelő a munkaköri alkalmasság is. Ez alatt a személyiség azon tulajdonságait értem, hogy az adott munkaterületen képes a feladatok megfelelő ellátására.

Ma már tudományosan bizonyított, hogy nem minden ember képes mindenféle munka ellátására. Ennek legjobb példája, hogy a repülőgépek vezetésére csak kiváló fizikumú és egészségű személyek alkalmasak. Nem ennyire szemléletes, de bizonyítható, hogy a repülőtechnika üzemeltetését is csak megfelelő személyiségi jellemzőkkel rendelkező emberek tudják eredményesen végezni [5, 22].

Melyek ezek a jellemzők:

- *az alkati, fizikai és az egészségügyi alkalmasság:* A hivatásos katonákat és a szerződéses állományúakat is érintik az általános testi, fizikai állapot szint elvárásai, amit a kiképzettség- felkészítettség normaszint táblázatai rögzítenek. Az is megállapítható, hogy sem az eddigi mentális előéletünk és a szolgálati viszony létesítése előtti ez irányú állami szintű felkészítés még ma sem egymásra épülő, permanens folyamat. Ugyanakkor tények igazolják, hogy a fizikai tréning (edzettség) és az azzal párosított pszichikai felkészítés kulcsfontosságú szerepet játszik az átélt konfliktushelyzetek eredményesebb megoldásában, a személyi veszteségek csökkentésében. A fizikai felkészítés, kiképzés területén az új szövetségi rendszerben vállalt kötelezettségeink területén az elvárások következetesebb teljesülését kell elérnünk [15]. A repülőtechnika üzemeltetése alapvetően szabad ég alatt, az

⁴ Mechanikus, technikus, mérnök, stb.

időjárás viszontagságainak kitéve történik, ez fizikai állóképességet igényel. A hajtóművek, berendezések ellenőrzése, próbája jelentős pszichikai és zajhatással jár. Eközben a munkavégző köteles megfigyeléseket, szabályozásokat végezni hibamentesen. A fizikai, pszichikai igénybevételből adódó megterhelést csak egészségileg alkalmas ember képes huzamos időn keresztül, minimális hibaszázalékkal végezni [5, 22];

- *az erkölcsi magatartás:* A repülőtechnikán végzett munka során alapvetők a következő tulajdonságok, mint a felelősségérzet, a szorgalom, az öntudatos munkafegyelem, a kötelelességtudat. A fegyelmezetlen, felelőtlen ember nagy veszélyt jelent a repülések biztonsága szempontjából. A fenti tulajdonságok hiányát esetenként egy-egy kirívó műszaki rendkívüli esemény – vagy *rendkívüli repülőesemény* (a katasztrófa⁵, a szerencsétlenség⁶ és a sérüléskategóriák⁷ együttesen) –, kivizsgálása során tárjuk fel, holott ezeket előzetes, alapos munkalélektani vizsgálat is feltárhatná, és akkor megelőzhetnénk a rendkívüli esemény bekövetkezését [25];
- *munkaköri rátermettség, adottságok, képességek:* Azok a készségek, melyek elősegítik a precíz, pontos munkavégzést. Ilyenek a nyugodtság, precizitás, a hibaelhárításnál kombináló készség, a memória- és időbeosztási képesség, koncentrálóképeség stb. Ezek született vagy az élet során kialakult képességek. Ezeket tanulással elsajátítani nehéz, ennek ellenére nagyon szükségesek a munkavégzés során. Ezen képességek hiányát is események, a technológiai fegyelem véletlenszerű megsértései hozzák felszínre. Több esetben kiderült, hogy a technológiai fegyelemsértés, nem rosszhiszeműségből, hanem a munkavégző szükséges képességei hiányából következett be;
- *a képzéssel és a tevékenységbeni jártassággal megszerzhető ismeretek:* ez alatt az oktatható és elsajátítható, pályánként és munkakörönként differenciált igényű általános-, szak- és helyi ismeretek összességét értem [22]. A repülőtechnikai eszközöket üzemeltető szakállománnyal szemben mindig is magasra állította a gyakorlati készségek mércéjét az emberi élet tisztelete, a nagy értékű technikai eszköz, a repülésbiztonság iránti felelősségérzet. Az elmúlt évtizedekben üzemeltetett repülőtechnika kiszolgálását végzők minden tekintetben, — időszakonként az objektív feltételek hiánya esetén is —

⁵ *Légi katasztrófáról* beszélünk, ha a repülési tevékenység céljából a légi jármű fedélzetén tartózkodó személyzet vagy utasok közül akár egy is életét veszítette, vagy olyan súlyos sérülést, fertőzést, mérgezést stb. kapott, amely a fedélzet elhagyása után tíz napon belül a sérült halálát okozta [25].

⁶ *Légi szerencsétlenségnek* tekintjük azt az eseményt, amelynek során a légi jármű olyan súlyosan károsodott, vagy olyan helyen hajtott végre – egyébként sikeres – kényszerleszállást, hogy annak felújítása, biztonságos, működőképes állapotának a helyreállítása műszaki vagy/és gazdasági okok miatt nem célszerű, illetve a kényszerleszállás helyéről gazdaságosan nem szállítható el [25].

⁷ *Sérülésnek* nevezzük a légi jármű olyan meghibásodását, törését, amely után annak előírt rendeltetés szerű állapota ismét visszaállítható [25].

igazolták felkészültségüket, kreativitásukat számos műszaki probléma megoldásában. Az utóbbi években átstrukturálódott a típusorientáltságú gyakorlati készség- és jártasság mértékének szintje. Az elérhető készségek, jártasságok követelményei továbbra is az értékrendben kialakított szinten kell maradjanak, miközben a tényleges ellenőrző, karbantartó tevékenységben a hangsúly a háttérelmélyítést biztosító diagnosztikai eljárást végrehajtó ellenőrző technikai eszközpark kezelésére tevődik át.

A munkakörülmények, ergonómiai tényezők hatása a munkavégzésre

Ezen alfejezetben belül azokra a problémákra mutatunk rá, amelyek befolyásolják a minőségi munkavégzést. Ezek a következők:

- *meteorológiai tényezők:* A repülőtechnika üzemeltetése nagyrészt szabad ég alatt történik, ezáltal úgy az ember, mint a repülőgép ki van téve az időjárás viszontagságainak. Ez kihatással van a munkavégzésre, mivel nagy mennyiségű, bonyolult műszerrel kell végrehajtani az ellenőrzéseket, szabályozásokat. Az időjárás hatását — eső, szél, por, fagy, erős napsütés⁸ —, mely rongálja a repülőtechnikát, úgy lehet csökkenteni, ha:
 - a repülőtechnika nagyobb szétszereléssel járó ellenőrzését, javítását hangárban, szerelőcsarnokban végezzük;
 - a kiszolgálási tevékenység során szükségessé váló, kisebb megbontást igénylő javításhoz, ellenőrzéshez rendelkezünk merev vázas, vízhatlan, gördülő szerelősátrakkal, melyeket csapadékos időjárás esetén rá lehet tolni munkaterületre;
 - a repülőtechnikáról leszerelt berendezéseket, műszereket, úgy a kiszolgáló, mint a javító szerveknél a javításukhoz előírt feltételeket biztosító műhelyhelyiségekben javítjuk;
 - a nem üzemelő repülőtechnikát állandóan letakart állapotban tartjuk és óvjuk az esőtől, hótól valamint a napsugártól.
- *a zaj hatása:* A repülőtechnika zajszintje működés közben igen magas. Járó hajtóműnél, annak közelében a zajszint nagyobb mint 140 dB és fájdalomérzés lép fel a dobhártyán. A zaj hatása többirányú. Zavaró jellegénél fogva károsan befolyásolja a munkavégzők idegműködését, gátolja a beszéd útján történő érintkezést, ennél fogva csökkenti a munka hatásfo-

⁸ A repülőgép borításáról a jeget csak meleg vízzel, vagy meleg levegővel szabad eltávolítani. A ráfagyott takarókat tilos leszakítani, mert megsérülhet a festékbevonat, így azokat levétel előtt meleg levegővel le kell olvasztani. Csapadék (eső, hó, stb.) esetén ki kell szellőztetni a repülőgép törzsének belső tereit. Különös gondot kell fordítani a tüzelőanyag feltöltésére, hogy csapadék ne kerülhessen a tartályba. Ilyenkor a feltöltő pisztolyon védőernyőt kell alkalmazni. A téli hajtóműpróba vagy indítás előtt gondosan fel kell takarítani, tisztítani a szívócsatorna előtti területet és megbízhatóan kell a féktuskókat rögzíteni. Különösen figyelni kell a repülőgép levegő-, fék-, fékernyő- stb. rendszereit, hogy be ne fagyjanak.

kát. A zaj okozta károsodások elkerülésére — amit csak megelőzni lehet, gyógyítani nem—, indokolt megfelelő zajvédő eszközök használata. Egyes munkavégzőknél a zaj félelemérzetet is kivált. Ha ehhez párosul a repülőtechnikán végzett munka nagy felelőssége, akkor az ilyen munkavégzők képtelenné válnak a munkavégzésre. Ez is indokolja a pályatükör alapján történő vizsgálat szükségességét;

— *a munkafeltételek hatása*: A fentebb említetteken kívül a repülőtechnika biztonságos üzemeltetését befolyásolja:

- **AZ IGÉNYBEVÉTEL SZINTJE**: Az összefüggő munkavégzés időtartama és annak során a fáradtság ellensúlyozására, a pihenés biztosítása. A biztonságos, technikailag megfelelően előkészített repülés csak akkor lehetséges, ha biztosítani tudjuk a személyi állomány megfelelő pihentetését, hogy ne lépjen fel fáradtság, a figyelem eltompulása, hibás tevékenység a repülőtechnikán végzett munka során. Ezt egyrészt a műszaki munkák helyes szervezésével, ellenőrzésével, másrészt a munka és pihenési feltételek biztosításával tudjuk megoldani;
- **A MUNKAVÉGZÉS TECHNOLÓGIAI SZÍNVONALA, MŰSZEREZETTSÉGE**: A korszerű repülőgépgyártás arra törekszik, hogy az ellenőrzési, előkészítési folyamatokat automatizálja, gyorsítsa és pontosabbá tegye. A mai korszerű repülőgépeken a rendszerek nem előírással állapotát megmutató paramétereket a repülőgéphez csatlakoztatható mozgó laboratórium számítógépe vizsgálja és a már nem előírással értékű berendezéseket, a meghibásodást jelző paraméterrel együtt kiírja. Ez jelentősen lecsökkenti és megkönnyíti az üzemeltető személyi állomány munkáját, az ellenőrző, hibajavító tevékenységet. Tehát a személyi állomány munkájának megkönnyítése, az ellenőrzések szakszerűségének fokozása, a munkafeltételek javítása, a repülések technikai biztonságának növelése egyaránt igényli a munkavégzési technológia színvonalának, műszerezettségének növelését.

Földi kiszolgáló eszközök⁹

A repülőgépek ellenőrzéséhez, javításához többféle földi berendezés szükséges. Korábban ezek döntő része önjáróan, tehergépkocsik felépítményében volt elhelyezve, jelenleg egy részüket már a repülőgép fedélzetén működő berendezésekkel helyettesítették (JAS-39)¹⁰.

⁹ GSE, Ground Support Equipment — Földi kiszolgáló berendezések.

¹⁰ A Gripenen alkalmazott megoldások megközelítik az elvárhatót.

A földi kiszolgáló eszközök úgy kerültek kifejlesztésre, hogy azokat viszonylag kis számú személyzet legyen képes mozgatni, illetve hadműveleti alkalmazás esetén légi úton is könnyen szállíthatóak legyenek [8].

Kritikus és nagyméretű elem a földi energiaellátó és hűtőlevegő termelő egység. Ennek szállítása közúton vagy vasúton biztosítható. Az alkalmazása azonban kompromisszumosan mellőzhető, hiszen az indító és segédhajtómű nem rendelkezik olyan szűk üzem és ciklusidő paraméterekkel, mint a MIG-29 típusú repülőgép indítóhajtóműve.

A műszaki kiszolgálás viszonylag kisszámú mérő és ellenőrző berendezést tartalmaz, hiszen a beépített önellenőrző rendszer nagyon sok olyan funkciót átvesz, amelyeket korábban költséges tesztberendezésekkel lehetett végrehajtani. A korábban üzemeltetett típusok esetében számos ellenőrző berendezés hitelesítése, javítása, karbantartása további terhet rótt a rendszerre és jelentős erőforrásokat vont el. Jelenleg is komoly feladatot jelent a MIG-29 típusú repülőgépek kiszolgálási rendszerébe tartozó MOBIL KOMPLEX kocsik javítása, hitelesítése.

A Gripen repülőgép kiszolgálási rendszere az üzemanyag kezelés kivételével mellőzi gépjárműre telepített aggregátokat, folyadék és gázutánpótlást biztosító rendszereket.

Az összes eszköz, amely a repülőgépek repülési zónában történő kiszolgálásához szükséges az egy egytengelyes utánfutón került készletezésre. A speciális kenőanyagok feltöltéséhez szükséges eszközöket egy ember képes mozgatni és nem igényelnek elektromos, vagy túlnyomásos energiaforrást a rendszerek feltöltéséhez. A speciális gázok (oxigén, nitrogén) feltöltésére egypalackos rendszerek szolgálnak.

Minden nehezebb rendszerem a kézcsohlók segítségével mozgatható, még az RM-12-es hajtómű is melynek mozgatásához 3 csörlő elegendő. Ugyanazon csörlők kerülnek felhasználásra a fegyverzet, póttartály függesztéséhez, illetve a hajtómű és segédhajtómű ki-, beépítéséhez.

A sűrített levegő előállításához egy kompresszor, illetve egy reduktor, töltő egység kerül alkalmazásra.

Az oxigénpalackok feltöltésére pedig egy folyékony oxigénből 300 bar nyomást előállító egység alkalmazható. A repülőgép fedélzeti oxigén szükségletét az (OBOGS) fedélzeti oxigén előállító rendszer biztosítja. Ebből adódóan a szinte minden feladatot követő oxigéntöltés gyakorlata itt megváltozott és csak alkalmanként válik szükségessé a tartalék oxigénpalack töltése.

Ezáltal az ilyen rendszerekkel ellátott repülőgépek kevésbé függenek a repülőterek felszereltségétől. Tábori, széttelepített szükség repülőterekről is üzemeltethetők.

Ismételt felszálláshoz történő előkészítés

A katonai repülőgépeknél ennek az időtartama azért fontos, mert adott mennyiségű rendelkezésre álló repülőgépszám esetén minél rövidebb az ismételt előké-

szítésre fordítandó idő, időegység alatt annál több időt tölthet a repülőgép levegőben. Ez azt is jelenti, hogy több harci feladatot tud végrehajtani.

Ez az üzemeltetési jellemző fontos a polgári repülésnél is, mivel az előkészítési idő minimálisra csökkentése itt is lehetővé teszi több szállítási feladat végrehajtását egy adott időszak alatt.

Katonai repülőgépeknél arra törekszenek, hogy harci feladatonként meghatározzák az ismételt felszállásra fordítható időtartamot, ami alatt nem csak a repülőgép üzemanyaggal, gázokkal, egyéb a működést biztosító anyagokkal való feltöltését értik, hanem a harc feladathoz szükséges rakéták, felderítő, zavaró, irányító stb., berendezések felszerelését is. Az így meghatározott normaidők a repülőgép képességeit jellemző paraméterek közé tartoznak.

A Gripen típusú repülőgép egy teljes vadász harc feladatra történő ismételt előkészítése – amely magába foglalja a tüzelőanyag feltöltést, kiszolgálást, repülés utáni és repülés előtti ellenőrzéseket, a gépágyú lőszer betöltését, stb. – minimális földi kiszolgáló berendezés felhasználásával 10 percnél kevesebb idő alatt végrehajtható 5 fő szerelőből álló csoport részéről egy technikus tiszt felügyelete mellett. Földi támadó harc feladatra történő ismételt előkészítés 21 percnél kevesebb idő alatt végrehajtható 6 szerelőből álló csoport részéről. A kiképzési feladatra történő ismételt előkészítést – átfegyverzés nélkül – 2 szerelő képes végrehajtani 10 percnél kevesebb idő alatt [21].

A repülőgép ellenőrizhetősége, annak hatékonysága

A harci repülőgép típusok jelentős részénél alkalmazzák a hibamegelőző üzemeltetési formát. Ennek feladata biztosítani, hogy a meghibásodások, melyek veszélyeztethetik a repülés biztonságát, vagy csökkenthetik a hadrafoghatóságot, azok ne forduljanak elő. Ez az üzemeltetési módszer növeli a munka ráfordítási igényt, csökkenti a készenléti szintet, és növeli a költségeket.

Az állapot szerinti üzemeltetési filozófia alkalmazza a korszerű beépített önellenőrző rendszert, és a folyamatos működésfigyelést. Ezáltal minimumra csökkenti a teljes üzemeltetési tevékenységet. A repülések során az adatfigyelő és az üzemeltetési paramétereket rögzítő rendszer lehetővé teszi a berendezések meghibásodásának előre jelzését. Ezáltal lehetőség van a hibamegelőző tevékenység mennyiségét minimumon tartani.

Ez a rendszer elemezhető az MSG-3-hoz tartozó Megbízhatóság Központú Üzemeltetés módszerével, ami nemzetközi szabvány a kereskedelmi repülőgépipar területén [1, 9, 10, 11, 19, 20, 21, 23].

Az MSG-3 szerint a konkrét típusra történő karbantartási eljárás kidolgozásánál elsőként – a repülésbiztonsági szempontoknak megfelelően – valamennyi szerkezeti elemet és berendezést lényeges illetve nem lényeges kategóriába so-

rolnak. Anyagi okokból és az időmegtakarítás érdekében az elemzést csak a szerkezetileg, valamint karbantartás szempontjából jelentős egységre végzik el. Az első csoportba a sárkányszerkezet kifáradásnak, korrózióknak és véletlenszerű sérülésnek kitett, többnyire egytagú egységei, a másodikba azok a rendszerint összetett rendszerek tartoznak, amelyek a gépről leszerelhetők és meghibásodásuk hatása:

- meghatározó a repülés biztonságára (földön és levegőben);
- nem érzékelhető üzemelés közben;
- jelentősen befolyásolja az üzemeltetési költségeket;
- az üzemeltetést nem befolyásolja, de kedvezőtlenek a gazdasági következményei.

A karbantartási eljárás meghatározásához használatos, fokozatosan terebélyesedő logikai diagramot készítettek el, hogy felülről lefelé haladva „igen” vagy „nem” válaszok határozzák meg az elemzés útját.

Az elemzés a célszerűen megválasztott és megbízhatóan mérhető műszaki adatok szerinti tényleges meghibásodások és hiba okok szerinti elemzési technikán alapul, amelyben:

- kijelölik a karbantartás szempontjából jelentős egységeket;
- meghatározzák minden egység:
 - rendeltetését (normál és jellemző működését);
 - tényleges meghibásodását (működésképtelenné válásának feltételeit);
 - meghibásodásának okait.
- megállapítják a szükséges karbantartási eljárást és azok végrehajtási gyakorlatát, úgy meghatározva a gazdaságossági, illetve biztonsági hatású előírásokat, hogy teljes karbantartási előírás legyen összeállítható.

Az MSG–3 nagyszámú tapasztalatainak felhasználásával az MSG–4 rendszerben az ismétlődő analóg kérdések helyett minden kérdést csak egyszer tesznek fel. Az első szint kérdése azon szerkezeti elemek vagy rendszerek kiválasztására irányul, amelyekre karbantartást, javítást kell tervezni. Amennyiben az adott szerkezeti elem vagy berendezés meghibásodása nem csökkenti a repülés biztonságát, hatékonyságát, illetve nem késlelteti a feladat megoldását, akkor a karbantartás, javítás szempontjából nem lényeges kategóriába kell sorolni és ilyen tevékenységet nem is kell tervezni rajta.

Az egyetlen különbség a tényleges nyilvánvaló és rejtett meghibásodások alkalmazásával végzett munkák között az, hogy csak az utóbbiak feltárása van tervezve.

Tehát a módszer biztosítja az irányt a repülőgépek tervezésénél, és ha az elemzés esetleg elfogadhatatlan következtetést ad bizonyos meghibásodások behatárolására, a tervezés során kiterjesztik a beépített önellenőrző rendszer feladatait.

Annak érdekében, hogy csökkentsük a hibajavító üzembentartás követelményeit, szintén a tervezés során kell elemezni a feladatokat. Az alacsony meghibásodási ráta megvalósítása a korszerű technológia és anyagok kifejlesztésével

történik. Az egyik legfontosabb jellegzetesség, ami hozzájárul az alacsony meghibásodási ráta eléréséhez az, hogy a végrehajtási funkciók nagy száma mechanikus ellenőrzések helyett szoftverek segítségével történik.

A beépített önellenőrző rendszer

A beépített önellenőrző rendszer tervezése során a fő célok [16]:

- a repülésbiztonság érdekében végrehajtani a biztonsági ellenőrzéseket;
- minimumra csökkenteni a földi javítások időszükségletét;
- minimumra csökkenteni a hibamegelőző javítások időtartamát;
- minimalizálni a szükséges földi kiszolgáló berendezéseket;
- minimalizálni a szükséges földi személyzet létszámát;
- felgyorsítani és egyszerűsíteni a hibák észlelését és helyük behatárolását.

Ezeket a követelményeket érvényesíteni kell minden alrendszer minden berendezésére.

AZ ANYAGELLÁTÓ RENDSZER LOGISZTIKAI ELVE

Amint az 1. ábrán bemutattam, a fenntarthatóság meghatározója a kialakított logisztikai rendszer elemzése, amelyet az alábbi tényezők biztosítják.

Az optimális tartalék alkatrész készlet kialakítása.

Az teljesen nyilvánvaló, hogy túl kevés tartalék alkatrész raktározása nehezíti az üzemkéesség helyreállítását, csökkentheti a fenntartható üzemkéesség szintjét. A tartalékkészletek túlméretezése pedig indokolatlanul növeli a fenntartási költségeket.

Az alkatrészek, berendezések egy része **saját javításközi üzemidővel rendelkezik**, ilyenek a hajtóművek, különböző fő berendezések, ezek cseréjének tervezése egyszerű. Más anyagok működési leszállási szám alapján tervezhetők. Ilyenek a futó ballonok, fékernyők, stb., Vannak **szerkezeti elemek, melyek kopás, elhasználódás alapján kerülnek cserére**, ilyenek például a fékbetétek.

Ezekre az anyagokra, alkatrészekre, berendezésekre üzemidő, vagy működési szám kimutatást kell készíteni repülőgépenként, azokat napra készen vezetni, és előre meghatározott tervezési időszakonként a pótlásukat megigényelni, beszerezni.

A többi, **üzemidővel nem rendelkező**, illetve a repülőgép üzemidejével megegyező javításközi üzemidővel rendelkező berendezésre a már említett meghibásodások gyakorisági elemzési módszerének segítségével, az állapot folyamatos figyelésével kell a tartalékkészletet kialakítani, illetve a tapasztalati adatok gyűjtése alapján módosítani.

Ha figyelembe vesszük, hogy az (1) egyenlet alapján, a repülőgépen csak véletlenszerű meghibásodások következnek be, tehát azok intenzitása állandó és egyenlő a közepes működési idővel, akkor felírhatjuk:

$$T_{\text{közepes}} = \frac{\sum T_{re}}{n_{\text{megh.}}} \quad (3)$$

ahol: $\sum T_{re}$ - repülési idő;

$n_{\text{megh.}}$ - meghibásodások száma.

Példaként építsük fel a két meghibásodás közötti repült idő (MTBF) és a meghibásodások intenzitása függvényében a repülőgép működését jellemző adatsort, melynek segítségével az anyagtervezés megoldható (2. táblázat). Vegyünk alapul 1 000 000 repült órát a számlálóban, mint az összes meghibásodás teljes bekövetkezési időtartamát.

2. táblázat Az MTBF meghatározásának módszere [12, 13]

Sorszám	Anyag, rendszer megnevezése	MTBF	Meghibásodások viszonyosszáma
1	Sárkány szerkezet	59	17 056
2	Katapult és oxigén rendszer	420	2379
3	Futóművek	119	8435
4	A Repülőgép vezérlése	115	8676
5	Hidraulika rendszer	143	6977
6	Fülketápláló rendszer	194	5164
7	Tüzelőanyag rendszer	209	4791
8	Segédhajtómű	160	6243
9	Elektromos táplálás, világítás	204	4904
10	Gépágyú és fegyver rendszer	180	5548
	A repülőgép szerkezetre	14,3	70 147
1	RM-12 Hajtómű	106	9439
2	Hajtómű berendezései	3425	292
	A hajtóműre	102,8	9731
1	Számítógép rendszer	102	9797
2	Repülési és navigációs rendszer	144	6927
3	Kommunikációs rendszer	255	3923
4	IFF rendszer	418	2391
5	Célzó és felderítő rendszer	71	14 051
6	Elektronikus ellentévékenység	500	2000
7	Kijelző és vezérlő rendszer	93	10 797
8	Adatrögzítő	8224	122
9	Fegyverzet célba juttatás	1029	972
	Elektromos rendszerek	19,6	50 980
	Mindösszesen	7,62	130 885

Ez a táblázat lehetővé teszi a véletlenszerűen meghibásodó berendezések szükségletének meghatározását, a rendszereken belüli további felbontást, és minden önállóan

cserélhető berendezésre a szükséges alkatrész mennyiség meghatározását a tervezett éves repülési idő függvényében. Ezen kívül lehetővé teszi a repülőgép minősítését a fenntartható üzemképességi szint, vagyis a meghibásodási ráta alakulása alapján.

AZ ÜZEMKÉPESSÉG FENNTARTÁSÁHOZ SZÜKSÉGES TARTALÉK ALKATRÉSZ KÉSZLET

A fentiek alapján tehát az üzemidővel rendelkező berendezéseket a saját üzemidejük alapján, a kopás, paraméter eltérés alapján meghibásodó berendezéseket az időközönkénti karbantartásoknál feltárt adatoknak megfelelően kell tervezni. Végül a véletlenszerűen bekövetkező meghibásodásokat a 2. táblázatban bemutatott módszer alapján.

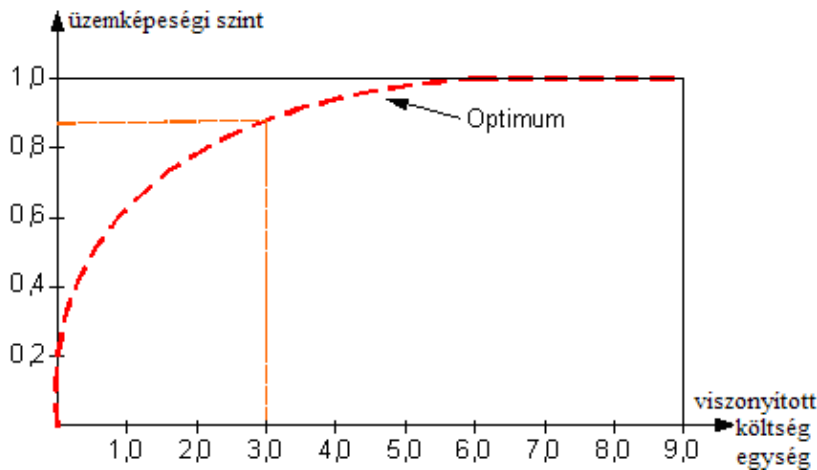
Annak érdekében, hogy az üzemképességet az előírt maximális szinten tudjuk tartani, és ezzel egy időben a készletekkel kapcsolatos költségek szintje a lehető legkisebb legyen az alábbi számítást kell elvégezni:

- határozzuk meg a tervezett éves repült időt az adott típusú repülőgép parkra. Pl.: 120 repülési óra*14 repülőgép=1680 óra.
- az éves repülési idő alapján meghatározható az üzemidővel ellátott berendezések, mikor kerülnek cserére. Új repülőgépeknél ez több évet is jelenthet.
- a kopás alapján cserére szoruló berendezéseknél a gyártó bizonyos irányszámot a legtöbb berendezésre megad. Pl. futóköpenyekre a leszállások számát, fékbetétekre szintén a nagy igénybevételt jelentő leszállások számát.
- a véletlenszerűen meghibásodó berendezésekre pedig az MTBF alapján szintén meghatározzuk a várható cseréket.

Ezen adatokból fel tudjuk építeni, hogy azok beszerzésének költsége, az üzemképességi szint százalékos fenntartásának növelésével milyen arányosság szerint emelkedik.

A tartalék alkatrész igények meghatározhatók a fentebb leírtak alapján. Ebből kiindulva megválasztható különböző típusú alkatrészek optimális készletgazdálkodási stratégiája, amely biztosítja a készletekkel kapcsolatos minimális költség szintet.

Mint az a 4. ábrán látható, ha a kötelezően fenntartott üzemképességi szint alacsony, a szükséges költségek is alacsonyak. Ha a szükséges üzemképességi szint magas a költségek is nőnek. Ezért nem mindegy, hogy milyen az előírt üzemképesség szintje. Mivel bizonyos minimális számú (1-2) repülőgép mindig tervszerű karbantartáson van, ezért az átlagos üzem, illetve harckészültségi szintet 85-90%-ban célszerű meghatározni.



4. ábra. A tartalék alkatrészek optimumának meghatározása [26]

Általában a repülőgépek beszerzésekor a gyártó felajánl a vevőnek egy tartalék alkatrész készletet. Ez a beszerzett repülőgépek árának általában 20%-a, és biztosítja az üzemeltetés anyag szükségletét legalább két év időtartamra. Ezt láttuk 1993-ban, amikor a MIG-29 típus beszerzésre került, és az anyagihiányok 1998-tól kezdtek élesedni.

A Gripen esetében más a helyzet, mivel itt nem vásárlás, hanem lízingelés történt, ami azt jelenti, hogy a szerződött 10 éves időtartamra, ha nem lépjük túl a 16 000 repülési óra/14 repülőgép szerződött értéket (évi 114 repülési óra/repülőgép), akkor a tartalék alkatrészek és anyagok ára a lízing árában benne van. Csak 10 év után, a repülőgépek megvásárlásától kell az anyagbiztosítást megoldani. Ezért a fenti kimutatás, anyagigénylés elkészítésénél lehetőség lesz a számított paraméterek korrekciójára a tíz év alatt összegyűjtött adatokkal.

Az üzemeltetést jellemző adatok gyűjtése során az alábbi 3. táblázatot tudtam összeállítani, melynek alapján több paraméter figyelembe vételével a különböző repülőgép típusok egymással összehasonlíthatók. Az egyik legfontosabb paraméter, aminél a Gripen kiugróan magas értéket mutat az MTBF. Szintén fontos, az üzemeltetés lehetőségeit mutató paraméter a meghibásodások helyreállításához szükséges idő.

Miután elemeztem azon repülőgépek üzemeltetését, melyek tervezésénél az állapot szerinti üzemeltetéshez szükséges berendezéseket a repülőgépbe beépítették, illetve az üzemeltetés elméleti és gyakorlati kérdéseit a repülőgépek dokumentációiban rögzítették, most rátérek az „üzemidő, naptári idő alapján üzemben tartott repülőgépek” üzemeltetési rendszerének korszerűsítésére, az állapot szerinti üzemeltetésre történő átállás megvalósítására.

3. táblázat

Az üzembentartási paraméterek összehasonlítása

Üzembentartási jellemzők	F-15	F-16C Block 50	F/A-18C	Mirage 2000	MIG-29B (MIG-29M)	TORNADO	JAS-39	EFA	F-22
Ismételt felszálláshoz előkészítés közepes ideje [perc]	35	27		29	30	32	10	10	15
Üzemeltetési készenlét fok ¹¹ (A ₀ x100) [%]	85	88	85	90	90		91	87	90-92
Egy repült óra kiszolgálásához szükséges munkaerő ráfordítás MMH/FH [fő óra/rep. óra]	15	8,2	9,8	11,5	17,6 (11,6)	33	5,2	9	8,7
Egy meghibásodásra eső repült idő MTBF [rep. óra]	2,7	4,1	3,3	6	3	2,4	7,5	9	5
sárkány összüzemideje [rep. óra]	8000	7000			2500		4000	6000	
ismételt felszálláshoz történő előkészítés ideje [perc]		45			20		10	25	

EREDMÉNYEK, KÖVETKEZTETÉSEK

Ebben a cikkben megvizsgáltam az üzembentartás szintjeit, szervezeti elemeit és a tevékenységet befolyásoló tényezőket.

Ezek eredményeként megállapítom, hogy:

- a repülőtechnika teljes élettartama alatt a készenlét szint és a fenntartási költségek közötti „egyensúlyt” az üzembentartó tevékenység tartja fenn.
- a maximális üzemképesség nem csak a megbízhatóság és az üzembentartási tevékenység, hanem a fenntartási rendszer együttes képességének eredménye.
- a tevékenység során fenntartható üzemképesség mértéke, az egész rendszer hatékonyságának fokmérője, és ezért függ az üzembentartás szervezetétől.
- a korszerű beépített önellenőrző rendszer, és a folyamatos működésfigyelés (repülések során az adatfigyelő és az üzembentartást rögzítő rendszer) minimumra csökkenti a teljes üzembentartási tevékenységet.
- a szoftverek segítségével történő végrehajtási funkciók nagy száma hozzájárul az alacsony meghibásodási ráta eléréséhez.

¹¹ A MIL-STD-778B szabvány szerint azt fejezi, hogy az adott repülőeszköz valós körülmények között milyen valószínűséggel üzemeltethető meghibásodás nélkül egy meghatározott, időintervallumban [2, 3, 4, 29].

Az üzemeltetéshez szükséges személyi állományt, részben a speciális szak-képzettségi igény, részben a technológiában előírt feladatok norma igénye alapján határozhatjuk meg. Repülőgépeknél a szakterületek az alábbiak:

- sárkányszerelő, vagy mérnök;
- hajtóműszerelő, vagy mérnök;
- elektromos berendezés szerelő, vagy mérnök;
- elektronikus berendezés szerelő, vagy mérnök;
- fegyver berendezés szerelő, vagy mérnök.

A kialakításra kerülő szervezet létszáma legyen képes a repülőtechnika ellenőrzéséhez és javításához szükséges földi berendezések működtetésére, a technológiák normaidő alatti végrehajtására. A szerelők rendelkezzenek a törvényekben előírt szakszolgálati engedélyekkel. A szervezet egészében, minden szakterületen legalább egy mérnöki képzésű szakember szükséges.

Bemutattam az üzemképesség biztosításának összetevőit, rendszereztem és összefoglaltam a két meghibásodás közötti repült idő (MTBF) és a meghibásodások intenzitása függvényében a repülőgép működését jellemző adatsort, melynek segítségével az anyagtervezés megoldható.

Az elvégzett vizsgálatok eredményeként megállapítom, hogy:

- a véletlenszerűen meghibásodó berendezések szükségletének meghatározását, a rendszereken belüli további felbontást, és minden önállóan cserélhető berendezésre a szükséges alkatrész mennyiség meghatározását a tervezett éves repülési idő függvényében a bemutatott módszerrel kell tervezni;
- a fenntartható üzemképességi szint, vagyis a meghibásodási ráta alakulása lehetővé teszi a repülőgép minősítését.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- 1 Airline/Manufacturer Maintenance program development document MSG-3, ATA, revision 2, September 12, 1993.
- 2 **Békési, B.** Követelményrendszer új harcászati repülőgép kiválasztásához Szolnoki Tudományos Közlemények IX. A tudomány napja, Szolnok, 2005. nov. 10. (CD-ROM).
- 3 **Békési, B. – Szilvássy, L. – Szegedi, P.** Új repülőgépek kiválasztásának néhány szempontja. Doktoranduszok I. Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Tudományos Konferenciája, ZMNE BJKMFK Repülőműszaki Intézet, Szolnok, 2002. nov. 08. (CD-ROM).
- 4 **Békési, B. – Szilvássy, L. – Szegedi, P.** Harcászati repülőeszközök modernizációjának kritériumai. Bolyai Szemle különszám, ZMNE BJKMFK Budapest, 2002. nov. 04.
- 5 **Békési, B.** Az üzemeltető tevékenység személyi, ergonómiai, munkalélektani összefüggéseinek tanulmányozása. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2001/2. pp. 145-154.
- 6 **Békési, B.** A rendszerbiztonsági-program követelményei. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/3. pp. 83-90.
- 7 **Békési, B.** System Safety Program Requirements. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/1. pp. 41-50.
- 8 **Csóke, Z. – Pogácsás, I.** Új technológia – új elvek az üzemeltetésben. Repüléstudományi Közlemények különszám, Szolnok, 2006. április 21. (CD-ROM).

- 9 **Dag Hemberg:** Gripen Reliability. Saab Military Aircraft, 1998. 06. 02.
- 10 **Dag Hemberg:** System Safety and Reliability, Saab Military Aircraft, 1998. 06. 02
- 11 **Dag Hemberg:** Gripen System Safety Program, Saab Military Aircraft. 1998. 06. 02
- 12 **Dag Hemberg:** EBS Gripen. Assumptions for Prediction of Mean Time Between Failures, MTBF. Saab Military Aircraft. 1998. 04. 21.
- 13 **GRIPEN VS F-16** A Comparision SAAB gyári kiadvány, 1996.
- 14 Gripen News, The magazine of Saab-BAE Systems Gripen AB, June 2001.
- 15 **Keszthelyi, Gy. – Buzai, L.** Az MH repülőcsapatai logisztikai biztosításának lehetőségei, különös tekintettel a szakember utánpótlás kérdésére. Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 2000/2. (125–140) o.
- 16 **Knezevic, J.** Systems Maintainability Analysis, Engineering and Management Chapman & Hall, London, 1997. pp. 22-38, 88-95, 151-159, 165-172, 181-193.
- 17 **Kövári, L.** Saab JAS-39 C/D „Super Gripen”, Top Gun magazin, 2001/4. pp. 18-23.
- 18 MSZ IEC 50(191), Megbízhatóság és szolgáltatás minősége, 1992. pp. 37-38.
- 19 **Dr. Óvári, Gy.** A Magyar Honvédség repülőeszközei típusváltásának és üzemeltetésének lehetőségei gazdaságossági-hatékonysági kritériumok, valamint NATO csatlakozásunk figyelembevételével. A légierő fejlesztése tanulmánygyűjtemény, Honvédelmi Minisztérium, Budapest, 1997. (9-117) o.
- 20 **Dr. Óvári, Gy.** Korszerű harcászati repülőgépek műszaki üzemeltetésének sajátosságai és gazdasági-hatékonysági kérdései. A harcászati repülőgépek fejlesztésének szükségessége és lehetősége. Konferencia előadás gyűjtemény, Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 1998. (33–70) o.
- 21 **Peták, Gy. – Szabó, J.** A Gripen. Petit Real könyvkiadó, Budapest, 2003. pp. 30-45, 67- 72, 76- 85, 88-92.
- 22 **Dr. Peták, Gy.** A repülőtechnika üzemeltetése és javítása. Főiskolai jegyzet. KGYRMF, Szolnok, 1981. pp. 8-12, 35-64, 116-125,
- 23 **Dr. Pokorádi, L.** Karbantartás elmélet. Elektronikus tanszégdlet. <http://infosrv.tech.klte.hu/~pokoradi>, pp. 1-2, 5-11, 32-36, 96.
- 24 **Pokorádi, L.** Repülőgépek üzemeltetési folyamatainak markovi modellje, Kandidátusi értekezés, MTA DT., Budapest, 1996. pp. 12-14, 61-71.
- 25 **Rohács, J. – Simon, I.** Repülőgépek és helikopterek üzemeltetési zsebkönyve, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989. pp. 13-18, 21-25, 87-92, 98-110, 345-347.
- 26 SAAB 39 HU Gripen. A new Generation Fighter Aircraft. Proposed logistics and training concept. Saab Military Aircraft. 1996.03.20.
- 27 **Szabó, J.** A magyar légierő és a típusváltás. Hadtudomány, Budapest, 2004/1. pp. 39-52.
- 28 Technical Description Overview, JAS-39 Gripen, Saab AB Gripen and British Aerospace Military Aircraft & Aerostructures, August 1998, JJS071-00-MD:00013 F/ISC
- 29 USA MIL–STD 478/778B/882 szabványgyűjtemények

Dr. Urbán István

A MAGYAR HONVÉDSÉG LÉGI JÁRMŰVEINEK NAVIGÁCIÓS BERENDEZÉSEI

Napjainkban a léginavigáció szerepe felértékelődött mind a MOOTW feladatok, mind a nem hadműveleti területeken végrehajtott repülési feladatok során.

A Magyar Honvédség széles körű szerepet vállal a NATO és ENSZ missziókban. Ezért az MH repülőgépeinek és helikopterinek fedélzeti navigációs és kommunikációs berendezéseinek vizsgálatát tűztem célul magam elé, mely tanulmány második részét (az első részben a szállítórepülőgépek hasonló szempontok szerinti analizisét hajtottam végre) tarthatja kezében ezzel a cikkel a kedves olvasó.

HARCÁSZATI REPÜLŐGÉPEK

Jelenlegi állapot

Ezeknek a légi járműveknek navigációs rendszerei szinte semmit sem változott a beszerzésük óta eltelt időintervallum alatt. Ezen változtatások (GPS-vevő és AN/APX fedélzeti válaszjel adó beépítése) nem integrált rendszerben a fedélzeti számítógéphez kapcsolódóan, csupán különálló egységekként történt meg.

A MIG–29B/UB típusú harcászati repülőgépen a következő repülő- navigációs berendezés van rendszeresítve.

A teljes és statikus nyomás rendszer (PVD)

A rendszer rendeltetése a teljes és a statikus levegő nyomás mérése és annak továbbítása, elosztása a repülőgép aneroid-membrános műszerei felé.

A rendszer összetevő elemei két — fő illetve tartalék — teljes és statikus nyomás mérő.

A PVD fűtése (egyenáramú áramforrásról) a jobboldali függőleges falon levő HOMLOKÜVEG, PVD FŰTÉS kapcsoló bekapcsolásával történik.

A fő vevő rendeltetése a környező levegő statikus és teljes nyomásának nagy pontosságú mérése és a nyomások továbbítása a hálózatba. A vevőnek sajátosan kialakított formája van a levegő és statikus nyomása mérésekor fellépő aerodinamikai hibák kompenzálása érdekében, ami hangsebesség alatti repülések ese-

tén a légáramnak a repülőgép által történő megzavarásából ered, azonban ennek a hibának a kompenzálása nem teljes értékű.

A tartalék teljes és statikus nyomás vevő rendeltetése az aneroid-membrános műszerek, M-szám jel adó, a szárny törőél vezérlés jeladó, a BPR, SZAU, ARV, KPA ülés ernyő automata, ARD nyomásmérő reléi táplálása, illetve a fő vevő üzemképtelenné válása esetén az ekkor átkapcsolódó műszerek: sebességmérő, variométer, SZVSZ, KPA és a „TESZTER” kisméretű nyomásadói táplálása.

R-862 rádióállomás

A rádióállomás előre lehangolt frekvenciájú és finomhangolás nélküli összeköttetést biztosít repülőgépekkel és földi rádióállomásokkal az egyenes rálátás határain belül továbbá a 121,5 MHz frekvencián a kutató-mentő szolgálat vész jel adásai folyamatos vételét. (A 243,000 MHz frekvencián nem!)

A rádióállomás működése a 20 csatorna közül egy (bármelyik) fixen lehangolt frekvencián történhet. Rádióállomás két hullámtartományban működik:

- méteres hullámtartományban: 100-149,975 MHz;
- deciméteres hullámtartományban 220-399,975 MHz között.

A frekvencia tartományok 25 KHz-ként, mindkét frekvenciatartományban arányosan fel vannak osztva, méteres hullámtartományban 2000, deciméteres hullámtartományban 7200 frekvenciára.

A rádióállomás táplálása az egyenáramú generátorról történik, annak meghibásodása esetén a fedélzeti akkumulátorokról. A rádióállomás működése biztosítva van a hálózati feszültség 18 V-ig történő csökkenéséig. A rádióállomás teljesítmény szükséglete „adás” üzemmódon nem több mint 550 W, „vétel” üzemmódon nem több mint 50 W.

Az áttérési idő „adás” üzemmódról „vétel” üzemmódra és vissza nem több mint 0,5 sec. A csatorna váltás ideje nem több mint 1,5 sec.

A rádióállomás a táplálás bekapcsolása után azonnal üzemkés. A rádióállomás antennája a jobboldali függőleges vezérsík felső részében van elhelyezve.

A 45°-ot meghaladó bedöntésű fordulók esetén bizonyos irányszögeken előfordulhat a rádió antennának leárnyékolása és a rádió összeköttetés megszakadása.

A rádióállomás két üzemmódban működhet, frekvencia modulációs és amplitúdó modulációs üzemmódokban. A szükséges modulációs üzemmódot a repülési feladatnak megfelelően az AM-CSM kapcsolóval kell kiválasztani. Kiképzési repülések során a kapcsoló legyen „AM” helyzetben és lebiztosítva.

A rádió-berendezés bekapcsolása a RÁDIÓ kapcsoló bekapcsolásával történik. A rádióállomás kezelő pultján az alábbi műveletek végezhetők el:

- a 20 közül a szükséges csatorna beállítása a csatorna váltóval;
- a hangerő beállítása a hangerő szabályozó elforgatásával;
- a zajvágó be-, illetve kikapcsolása PS kapcsoló segítségével.

A 121,5 MHz vészcsatorna meghallgatásának be-, illetve kikapcsolása az AP kapcsoló segítségével.

Az AP lámpa villogása esetén az AP kapcsolót be kell kapcsolni és meg kell hallgatni a bajbajutott személyzet által adott közleményt.

A rádió iránytű vagy az RSZBN hangjeleinek lehallgatása a rádió adások meghallgatásával egy időben az RK kapcsoló bekapcsolásával történik.

A kabin mögötti berendezés térben a rádióállomás vevő-gerjesztő elülső kezelő lapján van elhelyezve a vételi sáv KESKENY-SZÉLES kapcsolója. A kapcsoló „KESKENY” helyzetbe állítása lehetővé teszi az azonos típusú rádióállomásokkal történő kommunikáció alatt a zavarok kiszűrését; a kapcsoló széles helyzetbe állítása más, régebbi típusú rádióállomásokkal történő kapcsolat alatt használandó.

R-855 UM rádióállomás

A kisméretű, ultrarövidhullám tartományban működő, a „KOMÁR” rádió majak készletébe tartozó rádió adóvevő rendeltetése a bajbajutott repülőgépet elhagyó repülőgép-vezető és a többi repülőgép vagy a mentő repülőgép személyzete közötti összeköttetés biztosítása, valamint „TON” üzemmódon rádió irányadóként való működése. A „KOMÁR” rádió majak készletbe az alábbiak tartoznak:

- rádió-berendezés (adó-vevő);
- a repülőgép vész elhagyásakor palackból sűrített széndioxiddal felfújt ballon az antennával;
- „Priboj” akkumulátor (tárolási idő nem több mint 12 hónap);
- összecusukható teleszkóp antenna.

Az akkumulátor táplálás biztosítja a rádióállomás folyamatos működését 1 perc adás - 3 perc vétel megosztásban 60 óra időtartamban, „TON” rádió irányadó üzemmódban pedig nem kevesebb mint 70 óra időtartamban.

A rádióállomás megőrzi üzemképességét 1 m-es vízmélységben 1 óra időtartamig. Az adás és a vétel a vázba beépített dinamikus mikrotelefonon keresztül (vagy a NAZ készletben levő összekötő kábellel csatlakoztatott fejtűvel keresztül) történik.

A rádióállomás kezelése a VÉTEL és ADÁS nyomógombokkal történik amik az adóvevő oldalán helyezkednek el. A gombok rögzítése a rögzítő retesz antenna irányába történő elmozdításával, míg szabadrádió tételével ezzel ellentétes irányba történik.

Rádió adóvevő felső részében csatlakozó van kialakítva az antenna illesztése érdekében, alsó részén pedig egy kihermetizáló csavar az atmoszférikus nyomás vagy a környező levegő hőmérsékletének jelentős változása esetére.

A „TON” rádió irányadó üzemmód katapultálás valamint az antenna kiesése és felfűvódása után automatikusan bekapcsolódik, kikapcsolása pedig a VÉTEL vagy ADÁS gombok benyomásával történik. A megfelelő üzemmód bekapcsolását a fejhallgatóban a jelek lehallgatásával kell ellenőrizni.

Fedélzeti telefon (SZPU)

A repülőgép fedélzeti telefon rendeltetése kétoldalú összeköttetés biztosítása a repülőgép-vezető(k) és a repülőgép mechanikusa között, a rádió közlemények meghallgatása a rádióvevőn keresztül, az irányadó rádióállomások jeleinek meghallgatása a rádió iránytűn keresztül, valamint a marker rádió vevő és a hangos figyelmeztető berendezés közleményeinek meghallgatása.

A fedélzeti telefon bekapcsolása az AKKUMULÁTOR FEDÉLZETI - FÖLDI kapcsoló bekapcsolásakor automatikusan történik.

Automatikus rádióiránytű (ARK)

Az automatikus rádióiránytű rendeltetése a légi tájékozódás elősegítése irányadó és műsorközlő rádióállomások segítségével.

A rendszer biztosítja:

- rárepülés a rádió irányadóra vagy elrepülés attól az oldalszög kidolgozásával orthodromikus és loxodromikus irányokon;
- rádióállomások oldalszögének kidolgozása és kijelzése a PNP irányszög műszer skáláján;
- leszálláshoz való bejövétel irányadó rádióállomás szerint;
- középhullámú rádióadók jeleinek vétele és meghallgatása a rádióiránytű (150-1299,5 kHz) hullámtartományán belül.

A rádióiránytűnek két üzemmódja van:

- „IRÁNYTŰ” üzemmód, amiben a rádióiránytű automatikusan mutatja a rádió irányadó állomáshoz viszonyított oldalszöget,
- „ANTENNA” üzemmód a rádió irányadó állomások jelei vagy a műsorszóró rádióállomások jelének vételéhez. Ebben az üzemmódban a rádióiránytű közönséges középhullámon rádióvevőként működik, jó érzékenységgel és zavarvédelemmel.

A rádióiránytű bekapcsolása a FEDÉLZETI RENDSZEREK kapcsoló bekapcsolásával történik.

Az irányadó rádióállomás (vagy a vevő) meghibásodása esetén lehetőség van a repülésvezető adásának meghallgatására a rádióiránytű berendezésén keresztül. Ennek érdekében a rádióállomás kezelőpultján be kell kapcsolni az RK kapcsolót, az IRÁNYTŰ - ANTENNA kapcsolót a rádióiránytű kezelőpultján ANTENNA helyzetbe kell állítani. Ilyen esetekben a rádióiránytű úgy működik mint egy magas érzékenységű középhullámú vevő berendezés.

Rádió magasságmérő (RV)

A rádió magasságmérő lényegében egy folyamatos kisugárzást folytató cm-es hullámhossz tartományban frekvencia modulációval működő rádiólokációs állomás.

A rádió magasságmérő rendeltetése a repülőgép valós repülési magasságának mérése és annak automatikus továbbítása a rádió magasságmérő műszerre. A magasságmérő mérési tartománya 0-1000 m, ezen belül 0-10 m között + 1 m, 10 m felett pedig a valós magasság 10 %-a. A „VESZÉLYES” magasság kijelzése 0-20 m között + 0,5 m, e fölött pedig a magasság + 3 %-a pontossággal történik.

A rádió magasságmérő bekapcsolása a FEDÉLZETI RENDSZEREK kapcsoló bekapcsolásával történik, ekkor a műszeren látható az üzemképtelenséget jelző piros zászló. A bemelegedéshez szükséges idő leteltével, a rádió magasságmérő üzemképessége esetén a piros zászló eltűnik, a műszer mutatója pedig a valós magasságot mutatja (0 + 1 m).

Repülés közben a rádió magasságmérő automatikus ellenőrzése a beépített önellenőrző rendszeren keresztül folyamatos.

A rádió magasságmérő üzemképtelensége esetén, 1.000 m alatti repülési magasságokon a műszeren megjelenik az üzemképtelenségre utaló piros zászló, a mutató a sötét szektorban foglal helyet. Ugyanezek a jelek tapasztalhatók üzemképes rádió magasságmérőnél - 1000 m-t meghaladó repülési magasságokon.

A rádió magasságmérő adja ki a "veszélyes magasság" jelzést a figyelmeztető berendezésekbe.

MARKER rádióvevő

A marker rádióvevő rendeltetése a repülőgép marker rádió majak feletti átrepülése pillanatának jelzése. A LOM és a LIM átrepülésének pillanata a repülőgépvezető fejhallgatójában hallható hangjelzés, valamint a tablón a MARKER jelzőlámpa kigyulladására alapján állapítható meg.

A marker rádióvevő bekapcsolása a FEDÉLZETI RENDSZEREK kapcsoló bekapcsolásával történik.

SZRO-2 és SZRZ-15 berendezés

A berendezés rendeltetése légi célok állami hovatartozásának megállapítása. A felismerő berendezés repülőgépfedélzeti rádiólokációs kérdező berendezésből (SZRZ-15) és rádiólokációs válaszadóból (SZRO-2) áll.

Az SZRZ kérdező berendezés rendeltetése légi célok „kérdezése” azok azonosításakor. A kérdező berendezés kódolt jeleket sugároz ki, veszi a kódolt válaszjeleket, megfejti azokat és amennyiben a válasz kód megegyezik az aktuális kóddal, kiadja a SZEI képernyőjére a saját repülőgép jelzést.

A rádiólokációs válaszadó (SZRO) veszi és dekódolja a kérdező jeleket, kódolja és kisugározza az érvényes beállított kódnak megfelelő válaszjeleket.

Az SZRO a következő feladatokat oldja meg:

- légi célok „saját-idegen” jellegének meghatározását;
- „VÉSZJEL” továbbítását a földi lokátorokba.

A földi lokátorok indikátorain a cél jele mellett látható másik, "felismerés" jel a cél saját jellegét mutatja.

A kezelő- és működése ellenőrzésének alábbi szervei a kabin jobboldali kezelőpultján vannak elhelyezve:

- kódváltó forgatógomb az érvényes kód beállításához;
- „KÓD BEKAPCSOLVA” tablólámpa a kód bekapcsolásának ellenőrzésére;
- a „VÁLASZ” lámpa a válaszadó működőképessége ellenőrzéséhez repülőgépfedélzeti -, földi vagy hajófedélzeti rákérdező berendezésnek adott válasz esetén;
- „VÉSZJEL” kapcsoló a vészhelyzet jelzésének továbbítására.

Az SZRO légi és földi üzemeltetése a „VÁLASZ” lámpa kigyulladására alapján a működőképesség ellenőrzésében és az érvényes kód beállításában merül ki. Az érvényes kód beállítása a kódváltó forgatógomb segítségével történik. A kód beállítása az ablakban illetve a „KÓD BEKAPCSOLVA” tablólámpa alapján ellenőrizhető.

A repülőgép fedélzetén vészhelyzet keletkezésekor be kell kapcsolni a VÉSZJEL kapcsolót.

A rákérdező és válaszadó berendezés táplálásának bekapcsolása a FEDÉLZETI RENDSZEREK és a SZUV kapcsolók segítségével történik.

Az SZRZ berendezés „rákérdezés” üzemmódjának aktivizálása a botkormányon levő RÁKÉRDEZÉS nyomógombbal történik.

A lokátor felderítő üzemmódján a „saját” válaszjel a rákérdezés eredményeként a céljel fölötti második jel formájában jelenik meg, ekkor előfordulhat hamis „saját” válaszjelek és zavarjelek megjelenése a cél jele felett.

Célkövetés üzemmódon a „saját” válaszjel a rákérdezés eredményeként villogó „C” jel formájában jelenik meg.

Repülőgép-fedélzeti aktív válaszadó (SZO)

Rádiolokációs válaszadó működése a földi radarok kérdező jeleinek vételén, és ezekre automatikus kódolt válasz jelek kiadásán alapszik.

A repülőgép-fedélzeti válaszadó rendeltetése az együttműködés a földi P-35 és RSZP típusú felderítő, diszpécser és leszállító rádiolokátorokkal azok aktív üzemmódján.

A válaszadó biztosítja:

- a földi radarok hatótávolságának növelését a repülőgép koordinátáinak meghatározásakor;
- a repülőgép oldalszámának (repülőgép-vezető indexének) a repülési magasság, az üzemanyag maradék %-ban kifejezett értékének automatikus továbbítása a földi radarokra;

- a cél jele kiválasztásának megkönnyítése földi radarok képernyőjén meteorológiai vagy föld zavarok esetén.

A rádiólokációs válaszadó három működési üzemmóddal rendelkezik: RSZP, UVD és P-35 amelyeket az üzemmód kapcsoló segítségével lehet beállítani.

RSZP üzemmódon biztosított a repülőgép koordinátáinak megfelelő jel kidolgozása az aktív üzemmódon működő diszpécser és leszállító radarok képernyőjén.

UVD üzemmódon biztosított a repülőgép koordinátáinak megfelelő jel kidolgozása a (napjainkban főképpen a Független Államok Közösségének tagországaiban rendszeresített) diszpécser és leszállító radarok képernyőjén, ezen kívül a Nomer-TM (ONI) megjelenítő rendszerrel felszerelt diszpécser radarokon a repülőgép oldal-számáról (repülőgép-vezető indexéről) a repülési magasságról és az üzemanyag maradék %-ban kifejezett értékéről kiegészítő információk megjelenítése.

P-35 üzemmódon biztosított a repülőgép koordinátáinak megfelelő jel kidolgozása az aktív üzemmódon működő P-35 típusú felderítő radarok képernyőjén.

Az SZO berendezés a repülés magassági információinak továbbítása érdekében együttműködik a légnyomás jelek rendszerével, ami a válaszadóba a repülés barometrikus magasságával arányos jeleket továbbít.

Az üzemanyag maradék %-ban kifejezett értéke továbbításához a válaszadó együttműködik az üzemanyag mérő-kifogyasztás ellenőrző rendszerrel. A válaszadó az alábbi kezelőszervekkel rendelkezik:

- üzemmód-váltó kapcsoló: RSZP, UVD, P-35;
- JEL nyomógomb (földi parancs alapján a saját repülőgép megjelölésére a földi radarok képernyőjén);
- SZO ELLENŐRZÉS nyomógomb és jelzőlámpa;
- VÉSZJEL kapcsoló (közös kapcsoló az SZO és SZRO-hoz).

A válaszadó üzembe helyezése a FEDÉLZETI RENDSZEREK kapcsoló bekapcsolásával történik.

Automatikus rádióparancs adatvonal

Az automatikus rávezetési rendszer rendeltetése a rávezető pontról a repülőgép fedélzetére továbbított rávezetési parancsok és együttműködési parancsok vétele. A rendszer a FEDÉLZETI RENDSZEREK kapcsoló bekapcsolásával működtethető.

A berendezés együttműködik a repülőgép fedélzeti rádiólokátorával és a SZEI-vel. Kijelzésre kerülnek a célig terjedő távolság, a megadott valós sebesség, a cél repülési magassága, eltérés a megadott irányszögtől parancsok, valamint az utánégetés, hátsó féllégtér, mellső féllégtér, cél áthelyezés, irányadó, függőleges egyszeri parancsjelek. A korábbi parancsjelek megőrzésének ideje — új parancsjelek érkezése nélkül — 30 sec. A megadott irányszögre vonatkozó parancsok a PNP-n jelennek meg. Fedélzeti rádiólokátoron a következő parancs jelek láthatók:

- oldalszög és helyszög (az antenna helyzetének állításához);

- céltávolság és megközelítési sebesség (a rádiolokátor távolságmérő csatornáját befolyásoló zavarás esetén);
- egyszeri parancsjelek: távolság, a támadás féllégtere, a kisugárzás kapcsolása (a földi rávezető pontról automatikusan kapcsolódnak be).

A berendezés kezelő pultján félautomatikus vagy kézi úton beállíthatóak:

- 20 hullámhossz csatorna IU üzemmódon;
- 3 kódcsatorna;
- 8 elválasztó csatorna.

Itt kell megjegyezni:

1. Az üzemmódok átkapcsolása a kiválasztott kódcsatorna (1-3 kódcsatornáknál IU üzemmód) számától függően automatikusan történik.
2. A hullámhossz csatornák beállítása az elválasztó csatorna száma függvényében történik (1-4 elválasztó csatornánál a hullámhossz csatorna száma megfelel a beállítottnak, míg 5-8 elválasztó csatornánál a hullámhossz csatorna száma 20-al növekszik).

A berendezés a SZEI-re következő egyszeri parancsjeleket továbbítja:

- „PPSZ” tájékoztatja a repülőgép-vezetőt, hogy a támadás a cél mellő féllégterében lesz végrehajtva;
- „ZPSZ” tájékoztatja a repülőgép-vezetőt, hogy a támadás a cél hátsó féllégterében lesz végrehajtva;
- „F” parancs az utánégetés azonnali bekapcsolására;
- „!” (céláthelyezés) arra figyelmezteti a repülőgép-vezetőt hogy rövidesen új célra vagy ugyanarra a célra ismételten lesz rávezetve. A „!” jel eltűnése arra figyelmezteti a repülőgép-vezetőt, hogy új parancsok végrehajtására készüljön;
- „T” (hazavezetés a repülőtérré) arról tájékoztatja a repülőgép-vezetőt hogy a célra a műszeres rávezetés befejeződött. A SZEI-n „T” parancs megjelenésekor eltűnik a céltávolságra vonatkozó információ (eltűnik a távolság skála). Amikor a repülőgép fedélzetére a földi irányító pont továbbítja a „T” parancsot, a repülőtér körzetébe a hazavezetés történhet a berendezés által aloxodromikus irány, magasság és sebesség szerinti parancsok továbbítása útján;
- „V” arról tájékoztatja a repülőgép-vezetőt, hogy át kell térnie a cél támadásához szükséges magasságra.

Fedélzeti besugárzásjelző (SZPO)

A besugárzásjelző működési elvét tekintve passzív eszköz. A besugárzásjelző rendeltetése a repülőgép-vezető figyelmeztetése a repülőgépnek légvédelmi rakéta vagy légvédelmi tüzerkomplexumok rádiolokátorai valamint ellenséges repülőgép fedélzeti lokátorai által történő besugárzásáról.

A besugárzásjelző biztosítja:

- a repülőgépet besugárzó földi és repülőgép fedélzeti rádiólokátorok felderítését és oldalszögének meghatározását;
- a legveszélyesebbnek ítélt besugárzó rádiólokátor távolságának és az azal való közeledés sebességének hozzávetőleges megállapítását, a repülőgépnek az ellenséges repülőgép fedélzeti rakétái a légvédelmi rakéta-komplexumok indítási, illetve megsemmisítési zóna határai elérését;
- legveszélyesebb támadó eszköz kiválasztását;
- hang és fényjelzéseket.

Működő földi vagy repülőgép fedélzeti rádiólokátorok felderítési távolsága nem kevesebb mint az azokhoz tartozó pusztító eszköz alkalmazási távolságának 120 %-a. A besugárzás jelző által érzékelt tér határoló értékei oldalszög szerint 360° , helyszög szerint $+ 30^\circ$.

A besugárzó rádiólokátor állomás irányának meghatározása a szerint a szírom szerint történik, amelyikben a besugárzó rádiólokátor teljesítménye a legmagasabbnak mért. A besugárzó rádiólokátor típusának meghatározása a besugárzásjelző memóriájában rögzített paraméterek és a vett besugárzás paramétereinek összehasonlítása alapján történik.

Amikor a repülőgépet egyidőben néhány rádiólokátor állomás sugározza be biztosított a legveszélyesebbnek ítélt besugárzó állomás kiválasztása — azok működési üzemmódjának meghatározása — és annak kijelzése. Legveszélyesebbnek a Nike Hercules rádiólokátora számít, minden esetben ezt tekinti a rendszer elsődlegesnek ugyanis a Nike rendszer által történő besugárzás általában már az indított légvédelmi rakétának a repülőgéphez való közeledésekor észlelhető, amikor a rakéta és a repülőgép egyidőben ennek a lokátornak fő szírom ágában tartózkodik. A Nike Hercules lokátora besugárzása nélkül a következő legveszélyesebbnek ítélt rádiólokátor az, amelyik célkövetési üzemmódon működik. A rádiólokátorok üzemmódjai azonosak, akkor a veszélyességi sorrend meghatározása annak alapján történik, hogy az adott lokátor milyen — a besugárzásjelzőben beépített lokátor típus — csoportba tartozik. A besugárzásjelzőben a rádiólokátorok jellemzői egy program által vannak fontosság szerint csoportosítva. Az SZPO kezelő pultján ezek a csoportok balról jobbra csökkenő fontosságúak: P, Z, H, N, G, SZ.

A besugárzó lokátorról érkező jel teljesítménye a távolság négyzetével fordítottan arányos, következésképpen minden teljesítmény fokozatnak egy meghatározott távolság érték felel meg. Ez a teljesítmény fokozat skála alapján lehetővé teszi a támadó eszközzel való közeledés dinamikájának illetve az ahhoz mért távolságnak megítélését.

A teljesítmény fokozat skálán valamelyik jel 2 Hz frekvenciával történő villogásával kijelzésre kerül a fő támadó eszköz megsemmisítési zónájának határa. Minél

közelebb van a besugárzó rádiólokátor, annál több jel fog folyamatosan világítani. Ahogy közeledik a skálán a lámpákkal megvilágított része a villogó jellel, úgy olyan ütemben közeledik a repülőgép az adott eszköz megsemmisítési zónájához.

Valamennyi, a besugárzó rádiólokátorra vonatkozó információ különböző jelek formájában tájékoztatja a repülőgép-vezetőt. A fényjelzésekkel egy időben a repülőgép-vezető fejhallgatójával hangjelzés hallható. A jelek leírása alább található.

A „üzemképesség jel” akkor világít ha a bekapcsolást követően az SZPO berendezés üzemképes.

A besugárzó rádiólokátor állomások oldalszög szerinti helyzetét (peleng) a megfelelő irányban levő zöld peleng jel felvillanása mutatja az adott rádiólokátor állomás antennája forgási sebességének megfelelő ütemben. A repülőgép besugárzása olyan irányban történik, ami két peleng jel közé esik, akkor egy lokátor besugárzása esetén is egyidőben két peleng jel fog felvillanni.

A besugárzó rádiólokátor állomások típusának kijelzése a típust megjelölő zöld színű lámpák kigyulladásával van biztosítva melyek jelentése az alábbi:

- P (F-4, F-104, tengermelléki hadszíntéren Terrier légvédelmi rakéta komplexum);
- Z („Vulcan”, „Chapparall” tengermelléki hadszíntéren „Sea Wolf” légvédelmi tüzérségi eszközök);
- H (Hawk, Korszerűsített Hawk);
- N („Nike Hercules”, „Patriot”);
- F (F-14, F-15, F-16, F-18);
- Sz (F-4, F-104, F-5, F-111, „Mirage”, „Lightning”, „Jaguar”, tengermelléki hadszíntéren „Terrier”).

Amikor a repülőgépet csak egy rádiólokátor sugározza be és ez a rádiólokátor a legfontosabb csoportba tartozik, akkor a típus és a peleng jel fölött megjelennek a főtípus és a fő peleng számszerűen kijelzett jelei is melyek a besugárzás megszakadása után 8-12 sec időtartamban még tovább világítanak, és ha a besugárzó rádiólokátor állomás egy fordulatának ideje kevesebb mint 8 másodperc, akkor a kijelzőn erről a rádiólokátor állomásról folyamatos információ kijelzés lesz.

A repülőgépnek mellső féllégtérből balról és jobbról, 50-80° közötti szektorból besugárzása esetén kigyullad az 50° jelzés, 80-90° szektor között az 50° és 90° jelzés egyidejűleg, 90° fölött (180°-ig) pedig a hátsó féllégtér jelzése. A besugárzó rádiólokátor állomás közeledési sebessége, annak működési üzemmódja (teljesítmény fokozat jelző lámpák száma) valamint a megsemmisítési zóna - csak a fő besugárzó rádiólokátor állomásra vonatkoznak.

A besugárzó rádiólokátor állomás jelteljesítményét a sárga színű teljesítmény fokozat jelző lámpáknak az óramutató járásával fordított sorrendben történő kigyulladását mutatja. A besugárzó rádiólokátor állomás követő üzemmódra történő átállásakor a vörös színű „befogás” lámpa kigyullad. Ha a repülőgépre „Ni-

ke Hercules” típusú rakéta lett indítva, a „befogás” jelző lámpa 2 Hz ütemben villogni kezd.

1. Célkövető üzemmódban működő kvázi folyamatos kisugárzást folytató fedélzeti rádiólokátorok működési üzemmódjait nem lehet azonosítani.

2. Ha a repülőgépet nagy távolságról (a teljesítmény skála az 5. fokozatáig világít) éri folyamatos vagy kvázi folyamatos rádiólokációs besugárzás, villog a nem fő típust jelző „X” jel. Kisebb távolságokon (a teljesítmény skála az 5. fokozat fölött is világít) a repülőgép „Hawk” légvédelmi rakéta komplexum lokátorával történő besugárzásakor „X” jel folyamatosan világít, F-14, F-15, F-16 és F-18 típusú repülőgépek fedélzeti lokátoraival történő besugárzások idején ez a jel kialszik és kigyullad ha „F” jel.

3. Kvázi folyamatos kisugárzást folytató fedélzeti rádiólokátor besugárzásakor az „F” jel kigyulladás pillanatában rövid időre megváltozik a teljesítmény skálán világító jelek száma 5-8-ról 1-re az azt követő visszaállással 5-8-ra.

A fényjelzésekkel egyidőben a repülőgép-vezető fejhallgatójában a következő esetekben hallhatók hangjelek:

- a besugárzó rádiólokátor felderítő üzemmódja esetén – szaggatott (a besugárzó lokátor antennája forgási sebességének megfelelő) alacsony tónusú hang;
- a besugárzó rádiólokátor célkövető üzemmódja esetén – folyamatos magas tónusú hang;
- „Nike Hercules” típusú rakéta indításakor – magasság és hangerősség szempontjából változó hang .

A besugárzás jelző kezelő pultján a következő műveletek végezhetők el:

- a besugárzás jelző bekapcsolása – az SZPO kapcsolóval;
- a hangjelzés bekapcsolása és szabályozása – a HANGERŐ forgató gomb segítségével. A hangjelzés kikapcsolásakor az indikátoron világít a HANG KIKAPCSOLVA felirat;
- az indikátoron teljes mélységű információ kijelzés — a FELDERÍTÉS — KIKAPCS kapcsoló FELDERÍTÉS helyzetbe állításával. A kapcsoló KIKAPCS helyzetében a repülőgép felderítő vagy célkövető üzemmódon működő ellenséges lokátorok által történő besugárzásának kijelzése az indikátoron nem fog működni.

A navigációs rendszer (SZN)

Rendeltetése a repülőgép vezetéséhez a harc feladat végrehajtásakor, útvonalrepüléskor, a leszálló repülőtér megközelítésekor, a leszállás előtti manőver kezdőpontjába való kijutáskor és a leszállás végrehajtásakor szükséges repülőgép-vezetési és navigációs paraméterek folyamatos meghatározása és továbbítása a

fogyasztók (az RLPK, az OEPRNK számítógépe, a SZAU, a fedélzeti válaszadó és műszerek) felé.

A navigációs rendszer három alrendszerből áll:

- fedélzeti rádiónavigációs berendezés;
- IK-VK irányfüggőleges információs komplexum;
- SZVSZ levegő nyomás adatrendszer.

A navigációs rendszer földi rádiótechnikai rendszerek oldalszög-távolság mérő rádió-irányadóival és leszállító rádió-irányadó csoportjaival (PRMG) történő együttműködése esetén biztosítja a repülőgép vezetéséhez szükséges jelek képzését és továbbítását a SZAU, a SZEI és a repülésellenőrző műszerek felé az alábbi esetekben:

- útvonalrepülés három előre beprogramozott fordulópont szerint és rárepülés három repülőterre;
- visszatérés a felszálló repülőterre vagy a két előre beprogramozott tartalék repülőtér valamelyikére a leszállító rádió-irányadó csoport hatókörzetébe való kijutással, a leszálló repülőtérhez viszonyított 80 km -ig terjedő távolságig. A navigációs irányadó állomás ezen távolsága a leszálló manőver kezdőpontjában és annak magasságán a navigációs irányadó állomás jelei vételének minimális szükséges szintje miatt van korlátozva;
- bejövétel a leszálláshoz a siklópályán 50 m magasságig úgy a beprogramozott mint a be nem programozott repülőtereken (együttműködésben a SZAU-val annak félautomata vagy automata üzemmódjával);
- ismételt bejövétel a leszálláshoz beprogramozott repülőtereken.

A NAVIGÁCIÓS RENDSZER ELVI FELÉPÍTÉSE ÉS A NAVIGÁCIÓS FELADATOK MEGOLDÁSA

A navigációs rendszer elvi felépítése és a navigációs feladatok megoldása azon alapszik, hogy az összes szükséges információ az IK-VK, SZVSZ és RSZBN adóitól a számítógépbe jut, amely elvégzi a navigációs feladatok megoldását és a repülőgép-vezető részére megjeleníti mindazon jeleket és jelzéseket amelyek a repülőgép vezetéséhez a repülés különböző fázisaiban szükségesek.

Navigáció szempontjából az repülés különböző szakaszokra bontható, amelyek során a repülőgép pillanatnyi helyzete kiszámolt koordinátáiból kiindulva sorban megoldásra kerülnek azon számítások, melyek biztosítják a repülőgép kijutását egy másik számított pontba.

Attól függően, hogy a repülőgép pillanatnyi koordinátáinak kiszámításához milyen navigációs információ-forrása van használva, a számítási műveletek elvégzése az alábbiak szerint történhet:

- független tehetetlenségi számítási eljárás;
- független út-idő-sebesség számítási eljárás;
- tehetetlenségi számítási eljárás az RSZBN által biztosított korrekcióval;
- út-idő-sebesség számítási eljárás az RSZBN által biztosított korrekcióval;

A független tehetetlenségi számítási eljárás képviseli a legpontosabb eljárást. A valós sebesség figyelembevételével megvalósított független út-idő-sebesség számítási eljárás kevésbé pontos eljárás, de a rendszer készenléte rövidebb (3 perc) előkészítési időt igényel. Ez a módszer (rádiókorrekció nélkül) a független tehetetlenségi számítási eljáráshoz viszonyítva — a szél figyelmen kívül hagyása miatt — nagyobb hiba tűréshatárokkal rendelkezik.

A számítógép által megoldandó függvények tömege csökkentése és repülés előtt a szükséges kiinduló adatok egyszerűbb bevitele érdekében a számítás viszonylagos földrajzi koordináta-rendszerben történik. A viszonylagos földrajzi koordináta-rendszer egy $40^\circ \times 40^\circ$ (a CVU típusú számítógép esetében $36^\circ \times 36^\circ$) szektort képez.

A viszonylagos földrajzi koordináta-rendszer kezdőpontja a szektor bal alsó sarkában van kijelölve.

Az adott szektorban a repülési útvonal fordulópontjainak, repülőterek és navigációs rádió-irányadók földrajzi koordinátáinak meghatározása és bevitele a számítógép memóriájába a (fokokban kifejezett) $\Delta\varphi$, $\Delta\lambda$ viszonylagos földrajzi koordinátáknak a szektor kezdőpontjához viszonyított növekményeként történik.

A koordináták megállapításának tehetetlenségi számítási üzemmódja csak navigációs előkészítés után lehetséges. Ezen az üzemmódon a rendszer üzemképességét a KÉSZ.NAVIGÁCIÓ tablólámpa kigyulladására jelzi.

Az út-idő-sebesség számítási eljárás alkalmazása gyorsított előkészítés után történik, ezen az üzemmódon a rendszer üzemképességét a GYORS KÉSZENLÉT tablólámpa kigyulladására jelzi.

A számított koordináták pontosítása a repülőgép tartózkodási helyének polárkoordinátáit mérő, a három lehangolt RSZBN rádió-irányadó valamelyike által biztosított korrekcióval történik a viszonyított AR oldalszög és DR távolság szerint.

A kezelőpulton kiválasztott sorszámú rádió irányadó beprogramozott koordinátái, a repülőgép koordinátáinak független számítása valamint magassága alapján kiszámításra kerül az oldalszög és a ferde távolság. A számított polárkoordinátáknak a mért rádiótechnikai adatokkal való összehasonlítása útján helyesbítő jelek kerülnek kidolgozásra.

A földi rádió-irányadó oldalszög vagy távolságjelének hiányában, valamint a LESZÁLLÁS üzemmód kapcsolásakor a korrekció kikapcsol. Ezen kívül a korrekció kikapcsol a független eljárással számított és a mért rádiótechnikai adatok között 40 km-t meghaladó különbség esetén is.

A navigációs rendszerben lehetőség van a számított koordináták vizuális úton, a tájékozódási pont — amely fordulópontként vagy repülőtérként van hangolva — átrepülése alapján történő pontosítására is a VK/NULLÁZÁS nyomógomb-lámpa benyomásával, ha a számított koordináták és a tájékozódási pont koordinátái közötti különbség nem haladja meg a 40 km-t.

A levegőnyomás jelek rendszere (SZVSZ)

A rendszer rendeltetése A levegő statikus és teljes nyomásának mérése mindkét PVD-vel, a műszer szerinti sebesség, a valós sebesség, M-szám, abszolút és viszonylagos barometrikus magasság értékeivel arányos elektromos jelek kidolgozása és továbbítása fedélzeti rádió navigációs berendezés (BRNO), SZAU, OEPRNK, RLPK, SZO és üzemanyagmérő felé.

Az SZVSZ készletébe tartoznak: a levegő paraméterek blokkja (BVP), magasságmérő (UV), egyesített M-szám és valóságos sebességmérő (UMSZ).

A rendszer lényegében egy analóg számító-megoldó berendezés, amelyben a levegő pillanatnyi statikus és teljes nyomásának értékei a levegő paraméterek blokkjába jutnak, és azoknak kimenő ellenállás formába történő átalakítása után eljutnak a fogyasztókhoz.

Magasságmérő UV biztosítja: a repülés viszonylagos magasságának kijelzését 30 000 m-ig és a föld felszínén uralkodó légnyomás beállítását 806,2-525,5 Hgmm között 0,1 Hgmm pontossággal. A földi automatikus rávezető állomás parancsjele nincs bekötve.

Egyesített sebesség és M-szám mérő (UMSZ) biztosítja a valóságos repülési sebesség megjelenítését 3000 km/h-ig, és az M-szám kijelzését 3,0-ig. A keskeny és a széles mutatókkal értelem szerűen. A földi automatikus rávezető állomás parancsjele nincs bekötve.

A levegőnyomás jelek rendszerének üzemképessége ellenőrzése a földön a beépített önellenőrző berendezés segítségével történik az előzetes és repülés előtti előkészítés terjedelmében.

Az IK-VK irányfüggőleges információs rendszer

Az IK-VK irányfüggőleges információs rendszer a repülőgép-vezetési és navigációs információk alapvető forrása, rendeltetése a bedöntési szög, bólintási szög, repülési irányszög, a koordináták kiszámításához használt a giroszkóp egység tengelyei szerint mért abszolút vonalas sebesség-összetevők folyamatos mérése és azok továbbítása a PNP-re, KPP-ra, az ILSZ-re és más rendszerek felé.

Az irányfüggőleges információs rendszer két tehetetlenségi irányfüggőleges (IKV) alapján épül fel. Az IKV-n kívül az irányfüggőleges információs rendszerbe tartozik: a vezérlő és kommunikációs blokk (BUSZ), ellenőrző blokk (BK), a szélességi helyesbítés kezelőpult (PSK), a mágneses elhajlás beállító (ZMSZ) és az indukciós adó (ID).

Az IKV-k a bedöntési szög, bólintási szög és pörgettyús irányszög központi giroszkópikus adóegységét képezik, az egyik a fő - míg a másik a tartalék szerepet tölti be.

Az irányfüggőleges működési elve a repülőgép szögek szerinti térbeli helyzetének a horizont síkjában giroszkópikusan stabilizált felülethez viszonyított mérésén alapszik. A stabilizált felület pontos horizont síkban tartását integrált korrekciós jelek biztosítják. Az integrált korrekciós jelek képzése a repülőgépnek a giroszkópikusan stabilizált felületen rögzített gyorsulásmérőkkel mért abszolút gyorsulása vízszintes összetevőinek integrálása útján történik.

Az összeköttetést vezérlő blokk (BUSZ) biztosítja a fő IK-VK giroszkópikusan stabilizált felülete pontos digitális integrált helyesbítését, az analóg szögértékek átalakítását kódolt formába és továbbításukat a fogyasztók felé, a giroszkópikus mágneses vagy a viszonylagos¹ irányszögek képzését, a repülőgép abszolút vonalas irányú sebessége összetevőinek továbbítását a repülőgép tartózkodási helye koordinátáinak kiszámítása érdekében.

Az ellenőrző blokk az IKV üzemképességének ellenőrzését biztosítja. A szélességi helyesbítő kezelőpult rendeltetése a giroszkópnak a Föld forgása okozta látszólagos elállítódása kompenzálásához szükséges szélességi helyesbítő jelek képzése.

A mágneses elhajlás beviteli egységének rendeltetése az IKV felpörgetésekor a mágneses elhajlás beállítása.

Az indukciós adó rendeltetése MK üzemmódon a kezdeti egyeztetéskor a giroszkópikus mágneses irányszög képzése.

A giroszkópikusan stabilizált felület a felfüggesztési tengelyei szerint elhelyezett adók által mért bedöntési és bólintási szögek viszonyítási alapjaként szolgál.

Az IK-VK rendszerében a következő alapvető üzemmódok lehetségesek:

- normál előkészítést követő, az (összeköttetést vezérlő blokkal működő fő IKV számára) digitális integrátorok szerint integrált helyesbítéssel, és (összeköttetést vezérlő blokk nélkül a tartalék IKV számára) analóg integrátorok szerint integrált helyesbítéssel megvalósított üzemmód;
- gyorsított előkészítést követő, analóg integrátorok szerint integrált helyesbítéssel megvalósított üzemmód (mindkét IK-VK számára);

¹ Viszonylagos irányszög: a rendszer előkészítési helyének megfelelő földrajzi hosszúsági körhöz viszonyított irány.

- a digitális integrátorok meghibásodása esetén radiális helyesbítéssel (a fő IKV részére) és ismételt indítás végrehajtása utáni (mindkét IK-VK száma) üzemmód.

A radiális helyesbítéssel megvalósított üzemmód alapvető vész-üzemmódként szolgál. Ilyen esetben a giroszkópikusan stabilizált felület a nehézségi gyorsulási erő és a repülőgép mozgási sebessége nagysága és iránya változása által meghatározott gyorsulási erő eredő vektora szerint, vagyis látszólagos függőleges szerint áll be. Ezért az IK-VK-nak a bedöntési és bólintási szögek mérésében a legkisebb mérési pontatlansága egyenes vonalú egyenletes sebességű repülés körülményei között biztosított.

A $\Psi_{\text{visz.}}$ viszonylagos irányszöget az irányszög csatorna képezi. A Ψ_G giroszkópikus irányszög jele normál üzemmódon az IKV-tól a vezérlő és kommunikációs blokkhoz (BUSZ) és a fogyasztókhoz jut. Mivel az irányszög giroszkópnak nincs oldalszög szerint helyesbítése – oldalszög szerint szabad (a giroszkóp fő tengelye a mágneses hosszúsági körhöz viszonyítva tetszőleges helyzetbe áll be), így az irányszög giroszkóp által kiadott Ψ_G jele a fogyasztókhoz a vezérlő és kommunikációs blokk (BUSZ) irányszög-képző számítóberendezésén keresztül jut. Ebben a helyesbítő jelei alapján (az irányszög giroszkópnak a helyesbítővel való közös működésének elve alapján) megtörténik a az irányszög giroszkóp által kiadott irányszög jelnek elsődleges egyeztetése és végbemegy az irányszög giroszkópnak a Föld forgása miatt fellépő látszólagos eltérésének kompenzálása.

A helyesbítés módjától függően az irányszög csatorna a következő üzemmódokon működhet:

- pörgettyűs iránytű (GPK);
- mágneses helyesbítés (MK);
- külső irányszögadótól származó helyesbítés (csak „Előkészítés” üzemmódon);

A pörgettyűs iránytű üzemmód az irányszög csatorna alapvető üzemmódja. Ezen az üzemmódon a $\Psi_{\text{visz.}}$ viszonylagos irányszöget a vezérlő és kommunikációs blokk (BUSZ) képezi, ahol a bemenő jelek a fő vagy a tartalék IKV-tól a Ψ_G giroszkópikus irányszög, a repülőgép kezdeti állóhely szerinti irányszöge és a PSK pultról a Föld forgási szögsebességének függőleges összetevőjére vonatkozó helyesbítés.

A repülés előtt a repülőgép helyének szélességi koordinátáját a PSK-7 pulton kell beállítani. Ekkor pörgettyűs iránytű üzemmódon a fogyasztókhoz felszálló repülőtéren átmenő földrajzi (vagy ha a repülőgép kezdeti állóhelyének irányszöge mágneses irányként lett beállítva – mágneses) hosszúsági körhöz viszonyított ortodromikus irányszög jut.

Szükség esetén repülés közben a mágneses helyesbítés egyenes vonalú vízszintes repülés közben, az EGYEZTETÉS MÁGNESES IRÁNYSZÖG benyo-

másával végezhető el. Ekkor, ha a mágneses elhajlás értéke a beállító pulton $\Delta M=0$, az iránytű műszeren a mágneses irány olvasható le.

A berendezés üzemképességének ellenőrzését a beépített önellenőrző rendszer biztosítja.

A berendezés elektromos táplálása az AKKUMLÁTOR FEDÉLZETI FÖLDI, a ~ GENERÁTOR, a NAVIGÁCIÓ $KV_{fő}$ és $KV_{tart.}$ kapcsolók bekapcsolásával történik. A fűtőáramkörök a váltóáramú generátor bekapcsolását követően azonnal táplálást kapnak. A berendezés hosszantartó földi működtetése esetén kiegészítő hűtést kell alkalmazni.

Repülés előtt mindkét irányfüggőlegesen üzemkész állapotba kerül, de a navigációs rendszer kezelőpultján elhelyezett IKV FŐ-TARTALÉK kapcsoló állásától függően a fogyasztókhoz csak az egyik továbbítja a bedöntési, bólintási és irányszög jeleket.

Fedélzeti rádió navigációs berendezés (BRNO)

A fedélzeti rádió navigációs berendezés rendeltetése a repülőgép megadott útvonal szerinti repülése során, a leszálló repülőtér megközelítésekor, a leszállás előtti manőver alatt és a leszállás végrehajtásakor a navigációs feladatok megoldása.

A fedélzeti rádió navigációs berendezés biztosítja:

- a távolság-, oldalszög-, valós irányszög-, megadott irányszög jelek képzését és megjelenítését, a VOZVRAT üzemmódon és a leszállás előtti manőver során kiegészítőleg a megadott magasságtól való eltérést;
- a beprogramozott vagy be nem programozott repülőtereken a leszálláshoz történő bejövetelet biztosító jeleknek a PRMG által sugárzott jelek alapján történő kidolgozását és megjelentetését;
- a földön két változat alapján történő programbevitelt és annak ellenőrzését (a CVU vagy CVU-M (2204) számítógépek esetén egy programváltozat lehetséges), ahol mindegyik változat három fordulópont, három repülőtér és három rádió irányadó koordinátáit tartalmazza viszonylagos földrajzi koordinátarendszerben, három navigációs és három leszállító frekvenciakódolt csatornájának (CSKK) sorszámát, valamint a beprogramozott repülőterek leszállóirányát;
- a navigációs rendszer kezelőpultján a fordulópont (repülőtér) és a korrekciót biztosító rádió irányadó sorszámának repülés közbeni kiválasztási lehetőségét a repülés előtt a földön beállított programváltozatok keretei között;
- kézi üzemmódon a navigációs és leszállító frekvenciakódolt csatornájának (CSKK) beállítását és a rádió irányadó fajtájának kiválasztását;
- a LESZÁLLÁS üzemmód kézi kapcsolását.

A fedélzeti rádió navigációs berendezés összetevő elemei a rádiótechnikai rész és a CVU vagy CVU-M digitális autonóm navigációs számítógép 2204 vagy 2205 programszerkesztővel.

Az RSZBN fedélzeti berendezése deciméteres hullámtartományban működik, antenna fider berendezésen keresztül biztosítja az együttműködést RSZBN-4 típusú nemirányított navigációs rádió irányadókkal és PRMG típusú leszállító rádió irányadókkal egyaránt.

Az RSZBN berendezés méri:

- a repülőgép polárkoordinátáit (oldalszög és ferde távolság) a földi navigációs rádió irányadók telepítési helyéhez viszonyítva útvonalrepülés végrehajtásakor és VOZVRAT üzemmódon;
- a repülőgép eltérését az irány és siklópálya irányadók egyenlő jelek zónája tengelyéhez viszonyítva a leszállópálya küszöbéhez viszonyított távolságméréssel a leszálláshoz történő bejövétel során.

Ezen kívül az RSZBN a földi navigációs rádió irányadókkal közös működésben biztosítja:

- a repülőgép tartózkodási helyének ellenőrzését és kiválasztását a rádió irányadó körkörös indikátorernyőjén;
- a földi navigációs rádió irányadók hívójeleinek lehallgatását repülés közben;

A berendezés hatótávolsága különböző típusú földi navigációs rádió irányadókkal a repülőgép repülési magasságának függvénye (1. táblázat)

1. táblázat

Repülési magasság (m)	Hatótávolság „NAVIGÁCIÓ” üzemmódon (km)		
	RSZBN 2N,-4N	RSZBN 6N	UDAR M
250	50	-	-
500	80	-	35
5000	250	250	-
10 000	350	350	-
	Hatótávolság „LESZÁLLÁS” üzemmódon (km)		
	KRM		GRM
300	20		20
1000	80		80
10 000	180		-

A polárkoordináták meghatározásának pontossága:

- RSZBN-2N, RSZBN-4N és „POLE-N” földi navigációs rádió irányadók esetében: oldalszög szerint $0,25^\circ$, távolság szerint $200\text{ m} + 0,03\%D(m)$;
- RSZBN-6N: oldalszög szerint $1,5^\circ$, távolság szerint $300\text{ m} + 0,05\%D(m)$

Üzemi csatornák száma:

- NAVIGÁCIÓ üzemmódon:
 - Nemirányított karakterisztikájú földi navigációs rádió irányadók esetében: RSZBN-2N – 40 csatorna; RSZBN-4N – 88 csatorna;
 - Irányított karakterisztikájú földi navigációs rádió irányadók esetében: POLE-N – 176 csatorna.
- LESZÁLLÁS üzemmódon: 40 csatorna.

Átváltási idő egyik csatornáról a másikra nem több mint 2sec.

A rádió irányadók feletti bizonytalan mutatók zónájának sugara:

- 5000 m magasságon nem több mint 5 km;
- 3000 m magasságon nem több mint 3 km.

A navigációs és leszállító frekvenciakódolt csatornák és a rádió irányadók típusának kiválasztása kézi üzemmódon (a CSATORNÁK kapcsoló „KÉZI” helyzetében) az SU kezelőpultról lehetséges, automatikus üzemmódon a navigációs számítógép választja ki a szélsőérték kódok átalakító blokkján keresztül a kiválasztott navigációs rádió irányadó sorszámanak megfelelően (a CSATORNÁK kapcsoló „AUT” helyzetében).

Az RSZBN berendezés ellenőrzése földi navigációs rádió irányadó jelének vételekor automatikusan megy végbe.

A BRNO digitális navigációs számítógép összekötő szerepet tölt be a navigációs rendszerbe tartozó alrendszerek között, rendeltetése az elsődleges vevőktől származó információ feldolgozása, a repülőgép tartózkodási helye koordinátáinak önálló (független) számítása tehetetlenségi elv vagy út-idő-sebesség számítás alkalmazásával és a kiszámított koordináták helyesbitése az RSZBN adatai alapján.

A számítógép az útvonal közbeeső fordulópontjai vagy a tartalék repülőterek repülés előtt beprogramozott koordináta adatai, valamint a számított koordináták alapján meghatározza a kiválasztott fordulópontig (repülőtérig) a távolságot, az odavezető irányt, és a magasságtól való eltérést.

Ezen kívül a számítógépben az IK–VK giroszkópikus irányszöge felhasználásával folyamatosan számításra kerül a repülőgép valóságos repülési irányszöge (a repülőgép számított tartózkodási pontján átmenő földrajzi hosszúsági körhöz viszonyítva). A számítógép képezi a repülés különböző fázisaiban az egyszeri parancsjeleket és ugyanakkor megvalósítja az egész navigációs rendszer automatizált ellenőrzését.

A számítógép memóriájában őrzött adatok 30 napig őrizhetők meg (a CVU számítógépben – 10 napig).

A navigációs rendszer vezérlését kezelőpult biztosítja. A pulton az alábbi kezelőszervek találhatók:

- IKV. FŐ-TARTALÉK kapcsoló a navigációs rendszer átkapcsolásához a fő vagy tartalék IKV-hoz, valamint a fő- vagy tartalék IKV újraindításához az ARRETTÁLÁS nyomógomb-lámpa segítségével. Ezen kívül a fő IKV meghibásodása esetén (az ARRETTÁLÁS nyomógomb-lámpa kigyulladásakor) ennek a kapcsolónak a segítségével a navigációs rendszer átkapcsolható a tartalék IKV információját használó út-idő-sebesség számítási üzemmódra;
- D < 40km tablólámpa – figyelmeztet a soron következő fordulóponthoz (repülőtérhez) való közeledésre;
- KORR tablólámpa világít az RSZBN irányadó korrekciójának vétele esetén a CSATORNÁK kapcsoló „AUT” helyzetében vagy be nem programozott navigációs rádió irányadó jelének stabil vétele esetén;
- CSATORNÁK AUT.-KÉZI kapcsoló. A kapcsoló „AUT” helyzetében a megfelelő MAJAK nyomógomb benyomásával valamely kiválasztott, előre beprogramozott navigációs rádió irányadótól folyamatos korrekció történik, míg a kapcsoló „KÉZI” helyzetében valamely, a NAVIGÁCIÓ vagy LESZÁLLÁS forgatógombok segítségével kiválasztott, előre be nem programozott rádió irányadótól lesz korrekció. Ekkor a PNP műszeren levő kapcsoló „AUT” helyzetében a PNP-n kijelzésre kerül a pillanatnyi valóságos irányszög, valamint a navigációs rendszer üzemmódjától függően;
- „NAVIGÁCIÓ” üzemmódon: a tartandó irányszög a fordulópontra (repülőtérre), távolság a fordulóponthoz (repülőtérig) és az RSZBN navigációs rádió irányadóhoz viszonyított oldalszög (rádiókorrekció megléte esetén);
- „VOZVRAT” üzemmódon: a leszálló manőver kezdőpontjába (harmadik vagy negyedik forduló) követendő irány az RSZBN navigációs rádió irányadótól rádiókorrekció megléte esetén vagy — a korrekció hiányában — a repülőtér mutató irány, a felszállómezőjének középpontjáig terjedő távolság és a leszálló repülőtér felszállómezőjének középpontjához viszonyított oldalszög;
- „LESZÁLLÁS” üzemmódon: a valóságos irányszög, a leszállóirány, távolság a leszálló repülőtér betonjának küszöbéig és az irányadó rádióállomáshoz viszonyított irányszög (az ARK-tól). A PNP műszeren levő kapcsoló „KÉZI” helyzetében kijelzésre kerül az IK–VK-tól kapott viszonylagos irányszög, a ZK (vályú) segítségével kézi úton beállított megadott irányszög, távolság az RSZBN navigációs rádió irányadóig (vagy LESZÁLLÁS üzemmódon a leszállómező küszöbéig) és az RSZBN navigációs rádió irányadóhoz viszonyított oldalszög (vagy LESZÁLLÁS üzemmódon az ARK rádió irányadóhoz viszonyított oldalszög). Ekkor a navigációs és leszállító rádió irányadók frekvenciakódolt csatornáit a NAVIGÁCIÓ és LESZÁLLÁS forgatógombokkal kézi úton kell beállítani;

- PPM-AER kapcsoló a repülőtér vagy fordulópontról típusú navigációs pont kiválasztásához;
- PPM-AER 1, 2, 3 nyomógomb-lámpák a megfelelő sorszámú repülőtér vagy fordulópontról típusú navigációs pont kiválasztásához és a megfelelő földi tájékoztató pont kiválasztásához előkészítési üzemmódon;
- RSZBN-ARK kapcsoló a PNP műszeren az RSZBN navigációs rádió irányadóhoz (VOZVRAT üzemmódon a leszálló repülőtér mezője közép-pontjához) vagy az ARK rádió irányadó állomáshoz viszonyított géptengely-rádióirányszög (GRI) megválasztásához;
- MAJAKOK 1, 2, 3 nyomógomb-lámpák a megfelelő RSZBN navigációs rádió irányadó kiválasztásához amelyektől a korrekcióra szükség van;
- ELDOBÁS nyomógomb-lámpa a beprogramozott navigációs rádió irányadóra mint fordulópontra való rárepülés üzemmódjának bekapcsolásához (csak CVU-M számítógép esetében) és a földi tájékoztató pont kiválasztásához, amelyhez viszonyítva az OEPRNK optikai irányzéka segítségével, előkészítés üzemmódon az irányhelyesbítés történik;
- VK/NULLÁZÁS nyomógomb-lámpa a repülőgép állóhelyen elfoglalt irányszögének beviteléhez repülés előtt előkészítés üzemmódon a számítógépbe és repülés közben a beprogramozott fordulópontról vagy repülőtér koordinátáinak vizuális korrekciójához;
- VOZVRAT nyomógomb-lámpa a rendszer a PPM-AER 1, 2, 3 nyomógomb-lámpákkal kiválasztott előre beprogramozott repülőtérre a legrövidebb úton történő visszatérés üzemmódjára való átkapcsolásához;
- IRÁNYSZÖG 0-179° - 180-359° kapcsoló a beprogramozott leszálló repülőtéren a leszálláshoz való bejövétel irányának kiválasztásához VOZVRAT üzemmódon;
- KÖR BAL-JOBBA kapcsoló a leszálló repülőtéren alkalmazott leszállómanőver ráfordulási iránya beállításához a navigációs rendszer számítógépében;
- LESZÁLLÁS kapcsoló a „LESZÁLLÁS” üzemmód kézi úton történő kapcsolásához;
- KIVÁLASZTÁS nyomógomb a „KIVÁLASZTÁS” jel továbbításához a földre;
- NAVIGÁCIÓ és LESZÁLLÁS forgatógombok a navigációs és leszállító rádió irányadók frekvenciakódolt csatornái kézi úton történő beállításához.

A navigációs rendszer üzemmódjai

A navigációs rendszer az alábbi üzemmódokon működhet:

- navigáció;
- visszatérés (VOZVRAT);

- leszállás;
- ismételt bejövetel;
- visszatérés be nem programozott repülőterre.

Navigációs üzemmód

Ezt az üzemmódot megadott útvonal szerinti repülések alkalmával, vagy egy beprogramozott pontba való eljutás érdekében lehet használni. A repülőgép egy megadott vagy útvonal fordulópontba való eljuttatása érdekében irányszög módszer van alkalmazva, vagyis az adott légítájékozódási módszer paraméterei a repülőgép megadott és pillanatnyi irányszöge és az adott pontig terjedő távolság. A navigációs rendszer legpontosabb független üzemmódja a koordináták független számítási módszere. Ezen az üzemmódon a rendszer repülés előtti előkészítése navigációs módszerrel történik, feltétel a számítógép és az IK-VK rendszer fő csatornájának üzemképessége.

Az IK-VK rendszer fő csatornája vezérlő és kommunikációs blokk(BUSZ)-ban elhelyezett digitális integrátorai meghibásodásakor a rendszer automatikusan áttér út-idő-sebesség számítási üzemmódra.

A rendszer út-idő-sebesség számítási üzemmódja működik a repülés előtti gyorsított előkészítés végrehajtása után is.

Az IKVFŐ meghibásodásakor – amit a KPP-n az ARRETTÁLÁS nyomógomb-lámpa kigyulladás jelöl. A PNP-n a KSZ zászló kiesése és az EKCRAN képernyőjén a FŐ.IRÁNYFÜGGŐLEGES üzenet megjelenése jelez – és a kezelőpulton az IKV.FŐ-TARTALÉK kapcsoló „TARTALÉK” helyzetében a navigációs rendszer az IK-VK tartalék csatornájától (IKV_{TART.}) származó információk alapján út-idő-sebesség számítási üzemmódon működik.

A navigációs rendszer az RSZBN rádió navigációs irányadókkal való stabil kapcsolata esetén (világít a KORREKCIÓ tablólámpa) tehetetlenségi vagy út-idő-sebesség számítási üzemmódon működik, az RSZBN rádió navigációs irányadóktól kapott helyesbítéssel.

A tehetetlenségi üzemmód hiányában vagy az SZVSZ rendszer meghibásodásakor (az EKCRAN képernyőjén az SZVSZ üzenet megjelenése jelez), valamint a navigációs rendszer számítógépe meghibásodásakor (az EKCRAN képernyőjén a SZÁMÍTÓGÉP.NAVIGÁCIÓ üzenet megjelenése jelez és a PNP-n kiesik a KSZ blenker), a repülőgép koordinátáinak számítása szünetel és az egyéb üzemi adatforrások (RSZBN, IKV, ARK) navigációs információit kell használni.

Repülés közben a repülőgép fedélzeti rádió navigációs berendezésének számítógépe folyamatosan összehasonlítja a repülőgép tartózkodási helye számított koordinátáit a célpont (fordulópont) beprogramozott koordinátaival és a PNP-n megjelenítve kidolgozza a célpontig (fordulópontig) vezető irányt és vízszintes távolságot. A pillanatnyi irányszöget szintén a számítógép dolgozza ki az IK-

VK-tól kapott Ψ_G giroszkópikus és állóhely szerinti irányszögek alapján. A Föld forgási sebességét és a hosszúsági körök összetartását helyesbítő szélességi tényező figyelembevételével.

A fordulópont megközelítésekor $D < 40$ km-re a „ $D < 40$ km” tablólámpa ki-gyulladás után be lehet nyomni a következő fordulópontnak megfelelő nyomó-gombot. A fordulópontig hátralevő távolság megtétele során figyelembe kell venni a széleltérítést. A fordulópont átrepülésekor ha a következő fordulópont-nak megfelelő nyomógomb még nem volt benyomva, a PNP-n rögzítve marad az első fordulópontra mutató irány amíg a repülőgép elhagyja a fordulópont 6 km-es körzetét. A fordulópontra érkezés pontossága függ a koordináták számításá-nak üzemmódjától és a rádiókorrekció meglététől. A rádiókorrekció átfutásakor a navigációs rendszer kezelőpultján folyamatosan világít a KORREKCIÓ tablólámpa. A rádiókorrekció megszakadásakor a KORREKCIÓ tablólámpa 60 sec késéssel kialszik. A CVU és CVU-M(2204) számítógépekkel felszerelt repülő-gépeken a fenti késés megmarad navigációs rendszer kezelőpultján egy másik MAJAK nyomógomb benyomása után is.

Navigációs üzemmódon megjelenítésre kerül:

- a PNP-n: valóságos irányszög, megadott irányszög, a repülőgép oldalszöge a rádió navigációs irányadó állomáshoz viszonyítva, távolság a fordulópontig;
- a KPP-n: az elfordulási szög;
- az ILSZ-en és IPV-n: valóságos irányszög, távolság és elfordulási szög.

Visszatérés (VOZVRAT) üzemmód

A beprogramozott repülőtérré visszatérés (VOZVRAT) üzemmód a navigációs rendszer kezelőpultján a VOZVRAT nyomógomb és a leszálló repülőtérré megfelelő sorszámú AER nyomógomb benyomásakor lép működésbe.

A számítógép kidolgozza a repülőgép pályájához szükséges manővereket vízszintes ($\Psi_{MEGADOTT}$; D) és függőleges (ΔH) síkban.

A repülőgép tartózkodási helyének feltételes koordinátarendszerben kidolgo-zott koordinátái átszámításra kerülnek derékszögű pillanatnyi koordinátákká X és Z a leszállópálya tengelyéhez viszonyítva. Az új koordinátarendszer kezdő-pontjaként a leszállópálya középpontja szolgál.

Visszatérés és a leszállás előtti manőver végrehajtásakor a navigációs rend-szer számítógépe az alábbi sorrendben számítja ki a repülőgépnek a tér adott pontjába adott irányszögon való kivezetéséhez szükséges adatokat.

A visszatérés megadott pályája vízszintes síkban két szakaszra bontható. Az első szakaszban a megadott irány az 5 km sugarú — $X = 17$ km központ koordinátával rendelkező — körhöz húzott érintőn levő pontba vezet.

A PNP-n kijelzésre kerül a leszállópálya középpontjáig terjedő vízszintes távolság és a GRI mutató nyíllal ellátott vége mutatja a leszállópálya középpontja irányszögét és a repülőgép oldalszögét leszállópálya középpontjához viszonyítva (GRI mutató tompa vége).

A pillanatnyi irányszög hibás kidolgozásakor a GRI mutatója helyesen csak az oldalszöget mutatja. A kör érintési pontjában vagy a repülőgépnek az 5 km-es sugárú körbe való berepülésekor (valamilyen, egy földi parancs végrehajtására végzett manőver közben) „forduló” jel képződik és kezdődik a repülés második szakasza.

A második szakaszban a repülőgép pályája üldözési görbéhez hasonlóan épül fel, ahol a megadott irányszög egy mozgó, az X tengelyen a repülőgép tartózkodási helyéből az X tengelyre húzott merőleges kezdőpontjától a leszállópálya irányában 2,5 km-re levő számított pontba irányul. Eközben a repülőgép görbevonalú pályán repül, végérintősen közeledve az X tengelyhez.

A repülőgép megadott pályája függőleges síkban két szakaszra bontható: repülés 13 000 m utazómagasságon és a süllyedési szakasz 7° szög alatt 600 m-re a leszállás előtti manőver kezdőpontjába.

Az utazómagasságon folytatott repülési szakasz a rádió navigációs irányadó állomás hatótávolságának megfelelő távolságon kezdődik és 120-150 km távolságon végződik a leszállómező tengelyének viszonyított megközelítési szögtől függően. A süllyedés megkezdésének távolsága a maximális lesz a leszállómező leszállóirányban való megközelítésekor és minimális, leszállómezőnek a leszállóiránnyal ellentétes irányú megközelítésekor.

A VOZVRAT gomb benyomásakor a számítógép az 1. repülőtérre dolgozza ki a visszatérés pályáját függetlenül a PPM-AER kapcsoló helyzetétől és a PPM-AER sorban benyomott nyomógomb sorszámától. Más beprogramozott repülőtérre történő visszatérés érdekében a VOZVRAT gomb benyomása után be kell nyomni az adott repülőtérnek megfelelő sorszámú PPM-AER nyomógombot.

A visszatérés pályáját a számítógép akkor dolgozza ki, ha világít a navigációs rendszer kezelőpultján a KORREKCIÓ tablólámpa. A korrekció hiánya esetén a számítógép a repülőtérre a megadott irányt és a távolságot ugyanúgy dolgozza ki mint útvonalrepülés esetén (a megadott pontba). Ez esetben a számítógép a pályát függőleges síkban nem dolgozza ki.

VOZVRAT üzemmódon a PNP műszeren kijelzésre kerül a leszállómező középpontjáig terjedő távolság, a repülőgép valóságos és megadott irányszöge a kihelyezett pontba, a KPP-n az eltérés a megadott süllyedési pályától függőleges síkban, és az elfordulási szög $\Delta\Psi$, az ILSZ-en és IPV-n – a repülőgép valóságos irányszöge, az elfordulási szög, a távolság és ΔH .

Leszállás üzemmód

„Leszállás” üzemmódra a navigációs rendszer automatikusan átkapcsolódik ha repülőgép a leszállómező középpontjától számított 8-37,5 km távolságon belül, a leszállómező tengelyétől számított 1-4 km oldaltávolságon belül tartózkodik, a pillanatnyi irányszöge és a leszállóirány közötti távolság nem több mint 60° és a repülési magasság kevesebb mint 1400 m.

A CVU és CVU-M(2204) számítógépek esetében a „Leszállás” parancsjel automatikus képzése feltételei: a repülőgép a leszállómező középpontjától számított 8-35 km távolságon belül, a leszállómező tengelyétől számított 1,5 km oldaltávolságon belül tartózkodik, a pillanatnyi irányszöge és a leszállóirány közötti távolság nem több mint 45° és a repülési magasság kevesebb mint 1125 m.

A „Leszállás” parancsjel nyomán a számítógép átkapcsol a rádió navigációs irányadó állomásról a leszállító állomás (PRMG) csatornájára. Az átkapcsolás elvégezhető kézi úton is a LESZÁLLÁS kapcsoló bekapcsolásával a PRMG irányszög-adó egyenlő jelek zónáján belül. Ezen az üzemmódon az RSZBN berendezésének vevője az oldalszög-távolságmérő csatorna irányadójáról átkapcsol a PRMG csatornájára.

Az RSZBN működési elve „Leszállás” üzemmódon az antenna irányultsági diagramja szirmai jeleinek erőssége összehasonlításán és az így kapott – repülőgépnek az irány és siklópálya irányadók egyenlő jelek zónája középvonalához viszonyított helyzetét jellemző – eredményen alapszik.

A kimenő jel nagysága meghatározza a repülőgép eltérése mértékét a megadott útvonaltól, a jel polaritása pedig mutatja az elfordulás irányát. A távolságmérő csatorna működése, csakúgy mint „Navigáció” üzemmódon az aktív rádiólokáció elvén alapszik. A távolságot a rendszer (a GRM távolságmérőjének retranszlátora segítségével) a leszállómező kezdetétől számolja.

Az irány és siklópálya zónáitól való szögeltérést a PNP és KPP műszereken a helyzetjelző mutatók jelenítik meg. A siklópálya helyzetjelző mutató maximális kitérése (a negyedik pontig) a repülőgépnek a siklópálya egyenlő jelek zónája középvonalától mintegy $0,5^\circ$ -os eltérésének felel meg. A rendszer üzemképességét „Leszállás” üzemmódon irány és siklópálya szerint a PNP megfelelő zászlói helyzete jelzi. Ha a piros zászlók behúzott helyzetben vannak, a rendszer üzemképes. Ezen az üzemmódon a számítógép $\Psi_{\text{megadott}} = \Psi_{\text{lesz.ir.}}$ feltételt képez.

Mivel az RSZBN vevője átkapcsol az oldalszög-távolságmérő rádió navigációs irányadó állomás csatornájáról a leszállító állomás (PRMG) csatornájára, az irányadó állomás oldalszöge nem kerül kijelzésre, viszont leolvasható az ARK irányadótól származó rádióállomás-géptengely irányszög GRI az ARK-RSZBN kapcsoló állásától függetlenül.

A PRMG irány egyenlő jelek zónájától való eltérés jele és a leszálló irány jele alapján a SZAU $\gamma_{megadott}$ vezérlő jelet dolgoz ki. A leszálláshoz történő bejövétel közben a leszállás előtti manővertől a repülőgép mindig a megadott siklópálya alatt lesz. Ezért a hosszirányú vezérlés csatornája által használt vezérlőjel kidolgozásakor az egyenlő jelek zónája keresztezéséig a leszállás előtti manőver során a magasság stabilizálása történik. A siklás során a siklópálya egyenlő jelek zónája keresztezéséig a hosszirányú vezérlés csatornájában a $\mathcal{G}_{megadott}$ jel képzése az egyenlő jelek zónájától való eltérés és a repülőgép bólintási szögének jelei alapján történik.

A leszálláshoz történő bejövétel automatikus üzemmódon 50-60 m magassáig biztosított. Ettől kisebb magasságra süllyedés biztonsági okokból nem ajánlott az egyenlő jelek zónája görbülete miatt.

Ismételt bejövétel a leszálláshoz üzemmód

A leszálláshoz történő bejövétel beprogramozott repülőtérré történő végrehajtásakor ha új körre repülés válik szükségessé, a navigációs rendszert át lehet kapcsolni „ismételt bejövétel a leszálláshoz” üzemmódra a SZAU kezelőpultján az ISMÉTEL.BEJÖVETEL nyomógomb benyomásával. Az ismételt bejövétel a leszálláshoz üzemmód az $X < 17$ km koordinátákkal rendelkező zónában kapcsolható be. Ismételt bejövétel során a megadott repülési irányszög folyamatosan egy mozgó, a repülőgép tartózkodási helyéből a leszállómező tengelyétől 10 km-re levő, azzal párhuzamos egyenesre húzott merőleges kezdőpontjától a harmadik forduló irányába 2,5 km-re levő számított pontba irányul. A navigációs rendszer függőleges síkban a megadott magasságtól (600 m) való eltérést dolgozza ki.

A leszálláshoz történő ismételt bejövétel végrehajtása érdekében a SZAU kezelőpultján be kell nyomni az ISMÉTEL.BEJÖVETEL nyomógomb-lámpát. Ha a „leszállás” üzemmód kézzel lett kapcsolva, ezt megelőzően a LESZÁLLÁS kapcsolót ki kell kapcsolni és be kell nyomni a szükséges sorszámú majak nyomógomb-lámpát. Az ISMÉTEL.BEJÖVETEL nyomógomb-lámpa világít a harmadik forduló kezdetéig.

CVU és CVU-M(2204) számítógépekkel felszerelt repülőgépeken az "ismételt bejövétel" üzemmód bekapcsolása csak a „leszállás” parancsjel automatikus kidolgozása után lehetséges.

A leszálláshoz történő ismételt bejövétel végrehajtható bal vagy jobb körön a navigációs rendszer kezelőpultján levő KÖR.BAL-JOBBA kapcsoló állásától függően.

Visszatérés üzemmód be nem programozott repülőtérré

A leszálláshoz történő ismételt bejövétel végrehajtása érdekében be nem programozott repülőtérré a navigációs rendszer kezelőpultján az AUT-KÉZI kapcsoló „KÉZI” helyzetbe állítása, valamint a kiválasztott repülőtérré navigációs és a

leszállító csatornai kézi úton való beállítása után rá kell repülni a rádió navigációs- vagy irányadó rádióállomásra. Ebben az esetben a kihelyezett pontba vezető magadott irány és a süllyedési pálya nem kerül kidolgozásra. A kiválasztott repülőtér rádió navigációs irányadó állomása hatáskörzetébe érve és a rádiókorrekció bekapcsolódása után világít a KORREKCIÓ tablólámpa a navigációs rendszer kezelőpultján, a PNP-n leolvasható a rádió navigációs irányadó állomásig terjedő távolság, az IK-VK-tól a viszonylagos irányszög és a repülőgép tartózkodási helyének oldalszöge a rádió navigációs irányadó állomáshoz vagy a GRI az irányadó rádióállomáshoz viszonyítva (az ARK-RSZBN kapcsoló helyzetétől függően). A leszállóirányra fordulás számított pontjába érkezés után a PNP-n kézzel be kell állítani a megadott irányszög mutatóját (vályút) a leszállóiránynak megfelelően és be kell kapcsolni a LESZÁLLÁS kapcsolót.

FELKÉSZÜLÉS AZ ÚTVONALREPÜLÉSRE A NAVIGÁCIÓS RENDSZER ALKALMAZÁSÁVAL

A repülőgép-vezető felkészülése útvonalrepülés végrehajtására a navigációs rendszer alkalmazásával magába foglalja:

- az útvonal kiválasztását és a programozás kiinduló adatainak előkészítését;
- a navigációs rendszer repülés előtti ellenőrzését.

Az útvonal kiválasztását a kapott repülési feladat alapján kell végezni. Fordulópontok minőségében — ha lehet — jellegzetes tájékozdási pontokat kell kiválasztani amelyeket a vizuális korrekcióhoz fel lehet használni.

Az útvonal program elkészítése érdekében az alábbiakat kell elvégezni:

- meg kell határozni a kezdeti földrajzi koordinátákat, ehhez 1:500 000 vagy 1:1 000 000 léptékű térképen, ki kell választani a koordináták kezdőpontját úgy, hogy az útvonal valamennyi fordulópontja a beprogramozandó repülőterek és rádió navigációs irányadó állomások a kezdeti szélességi és hosszúsági körtől északra illetve keletre helyezkedjenek el, vagyis hogy a rendszer 40°x40°-os (CVU számítógépnél 36°x36°-os) működési határain belül legyenek;
- a térképen meg kell határozni a fordulópontok koordinátáit, a fordulópontokig és a repülőterekig terjedő távolságokat, a fordulópontokra és a repülőterekre vezető irányszögeket;
- a speciális koordinátatáblázatokból ki kell írni a repülőtér középpontjának és a rádió navigációs irányadó állomások koordinátáit 0,05° pontossággal;
- a leolvasott koordináták szögértékeit át kell számítani fok mértékegységre század pontossággal;

- meg kell határozni a fordulópontok, repülőterek középpontjai és viszonylagos földrajzi koordinátáit a leolvasott koordináták és a kezdeti földrajzi koordináták különbségeként ($\Delta\varphi, \Delta\lambda$), ennek érdekében a leolvasott koordinátákból ki kell vonni a kezdeti földrajzi koordinátákat;
- meg kell határozni a repülőgép korábban kiválasztott állóhelyén a négy földi tájékozódási pont oldalszögét legalább 1° pontossággal;
- meg kell határozni a repülőgép irányszögét az állóhelyen;
- ki kell tölteni a repülésprogramozási adatlapját ahova be kell írni:
 - a fordulópontok, repülőterek és rádió navigációs irányadó állomások viszonylagos földrajzi koordinátáit $0-39,999^\circ$ (CVU számítógépnél $0-35,999^\circ$) tartományban;
 - a négy földi tájékozódási pont oldalszögeit $0-39,999^\circ$ (CVU számítógépnél $0-35,999^\circ$) tartományban;
 - a számítás kezdőpontja szélességi körének paramétereit;
 - a repülőterek tengelye valóságos irányszögének értékeit ($0-179,99^\circ$ tartományban);
 - a repülőgép valóságos irányszögét az állóhelyen értékeit ($0-359,99^\circ$ tartományban);
 - a rádió navigációs irányadó állomások frekvenciakódolt csatornái sorszámanak megfelelő számokat;

A fordulópontokig és repülőterekig terjedő távolságokat és irányszögeket, a földi tájékozódási pontok távolságait és oldalszögeit, a repülőtereken uralkodó mágneses elhajlások értékeit és a leszállómezők valóságos irányszögeit, a rádió navigációs irányadó állomások frekvenciakódolt csatornái sorszámaát a térképen vagy külön táblázatban, a kényelmes használat követelményeit szem előtt tartva kell feltüntetni.

Végezetül le kell szögezni, hogy a MIG-29 repülőgépek további használatának feltétele egy legalább minimális szintű haditechnikai-navigációs átalakítás az ICAO szabványoknak és a nyugat-Európában szokásos Légvédelmi rendszernek megfelelően úgy, hogy a repülőgépek probléma nélkül bárhol alkalmazhatóak legyenek.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Soldat und technik 1992/2 D6323 E p.668.
- [2] RE/74 MIG-29 típusú repülőgép (9-12B) műszaki üzemen tartási szakutasítása III. könyv.
- [3] Jeppesen-Sanderson Airway manual.

A LESZÁLLÍTÓ RENDSZEREK KIEGÉSZÍTŐ ESZKÖZEI

A „KÖDSZEM”

Ultraibolya érzékelők ígéretes lehetőségnek tűnnek egy viszonylag alacsony költségű látásnövelő rendszer létrehozásához. A rendszer ködben, zuhogó esőben, hóesésben akár 3,4-szeresére növeli a látótávolságot. Összekapcsolva az érzékelő jeleit a már létező GPS¹, MLS², ILS³ rendszerekkel, lehetővé válik a leszállás a legrosszabb időjárási körülmények között is- mindössze egy jelentéktelen költségű módosítás szükségeltetik a gépen és a pályafényeken.

A NASA Dryden Repüléskutató Központja foglalkozik a kísérletekkel egy erre a célra átalakított F/A-18-assal. Az igazgató szerint céljuk a leszállófények érzékelése 2600 láb távolságról (I. kategória látási minimuma) olyan ködben, amely a normál látást 700 lábra korlátozza (III.a kategória látási minimuma). A földi tesztek már megmutatták, hogy ez elérhető. Ha ezt a próbarepülések is megerősítik, akkor ez megengedi majd, hogy a pilóta egy I. kategóriájú géppel olyan időjárásban landoljon, amely mind a repülőtértől, mind a géptől III.a minimumot követelne.

Az ultraibolya sugárzás kevésbé csillapodik a nedvességben a milliméteres hullámoknál és az infravörös sugárzásnál is. Ellenérv vele szemben, hogy nem ad olyan TV-szerűen tiszta képet, mint a milliméteres sávú aktív radar illetve jó időben a FLIR⁴. De egy egyszerű UV⁵ rendszer drámaian megnövelheti a pilóta azon képességét, hogy „lássa” a leszállópálya és a gurulóutak fényeit egy HUD-on⁶ és ez elegendő a biztonságos leszálláshoz. A ködszem érzékelő egy egyliteres üdítő palack méreteivel rendelkezik.

A súlya másfél kilogramm és elhelyezhető az orrfutó szár lámpatartóján. A passzív MMW-vel⁷ összehasonlítva, a ködszem sokkal kisebb és egyszerűbb.

¹ Global Positioning System – műholdas helyzet meghatározó rendszer.

² Microwave Landing System – mikrohullámú leszállítórendszer.

³ Instrument Landing System – műszeres leszállítórendszer.

⁴ Forward Looking Infrared – előrenéző infravörös felderítőkészülék.

⁵

⁶ Head-Up Display – homloküveg-kijelző.

⁷ Millimeter Wave Radar – milliméteres hullámú radar.

Köztudott, hogy a látható nedvesség korlátozza az IR⁸ érzékelők lehetőségeit és bár kisebb mértékben, de behatárolja az MMW érzékelők működését is. Sokkal kevésbé ismert viszont az a tény, hogy a köd tulajdonképpen megnöveli az UV lehetőségeit. Az ok az UV hullámhosszában keresendő (0,210-0,275 μm) amely jóval kisebb a köd részecskéinek átmérőjénél.

Általánosságban, a ködnek van a legnagyobb látáskorlátozó hatása, a maga 1-10 μm körüli részecskéivel. Az esőcseppek nagyobbak és sűrűbbek, de kevésbé jelent problémát az UV számára.

Ezzel ellentétben a FLIR 1-11,5 μm, míg az MMW 1000-3000 μm-es hullámokkal dolgozik. A vízrészecskék mérete a köd típusától függ - a köd vékonyodásával növekszik. A nagyobb részecskék és a nagyobb koncentráció az ún. advekción ködre jellemző, amely többnyire a parti régiókban fordul elő. A sugárzási köd, amely a belső kontinentális területek velejárója, kisebb részecskékből áll.

Amikor az UV sugárzás — amelynek hullámhossza viszonylag kicsiny a ködöt alkotó cseppecskékhez képest — kölcsönhatásba lép ezekkel a részecskékkel, hosszanti szóródást szenved, amely a kibocsátási irányt megtartja kicsiny csillapítás mellett. A hosszanti szóródás még hangsúlyosabb az advekción ködnél, számítási modellek szerint mintegy 100-szor nagyobb mértékű, mint a sugárzási ködnél. A FLIR hullámhossza — közel részecskeméretű — elnyelődik és széles szögterületben szóródik. Az MMW hullámhossza sokkal nagyobb, ennek következtében igen kicsiny hatással vannak rá a cseppecskék.

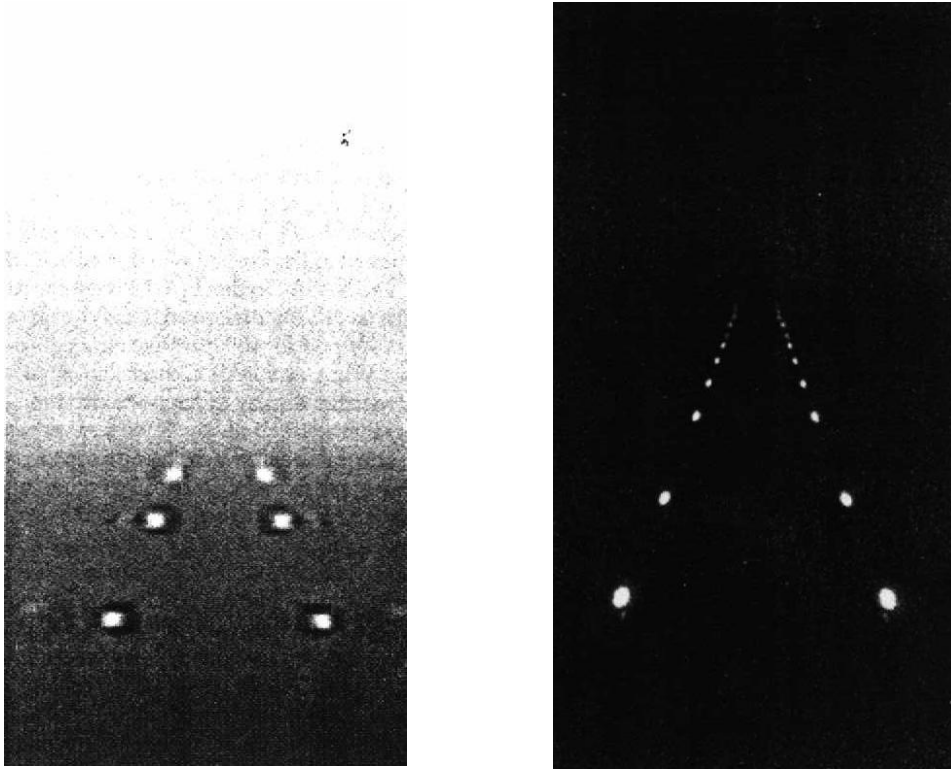
A képeket egy HUD-on ábrázolják felvillantó megjelenítéssel, amely a raszteres kivetítésnél fényesebb képet ad. A raszteres technika ahhoz szükséges, hogy a szürke árnyalatait az olyan alkalmazásokban mint a TV, a FLIR vagy az aktív MMW radar, meg lehessen jeleníteni. A FLIR-nél a szürke árnyalatai a hőmérsékleteket jelölik. De mióta UV-t szándékoznak kizárólagosan fényforrások megjelenítésére használni, a teljesen felvillantott-teljesen elsötétített képpont technika használható lesz a kijelzőknél.

A Norris Elektronoptikai Rendszerek vállalat már eredményesen bemutatott egy „ködszem” prototípust az FAA⁹ és a légierő Wright laboratóriuma által szervezett földi tesztben.

Ha a repülőgép fedélzeti tesztek megerősítik az eddigi eredményeket, az eladásban kulcsszerepet játszhat a tulajdonképpeni érzékelőnek az egyszerűsége, amelynek sem kibocsátott RF jele sem szoftvere nincs.

8

⁹ Federal Aviation Administration – Szövetségi Légügyi Hivatal.



1. ábra. Látás szabad szemmel és a ködszem érzékelővel

Egy nagy erősítésű fotósokszorozó cső biztosítja a képet, ami egy átlagos videokom csőként viselkedik. De a fotósokszorozó akár egymilliósorosára képes erősíteni a jelet észrevehető zaj nélkül. További érv az UV mellett, hogy kicsiny a természetes háttérsugárzás ebben a tartományban [3].

A „ködszem” 2,75 hüvelykes átmérője folytán — a cég szerint — jobb felbontással rendelkezik az emberi szemnél, amely 1 milliradiánra képes. A látótér vízszintesen 30° , függőlegesen $22,5^\circ$, megegyezően a HUD képességeivel. Kvarc kupolával hatótávolsága az ember szemének 3,4-szerese. A hokikorong-szerű UV-sugárzó csatlakoztatható a már létező lámpaegységekhez. A Norris úgy tervezi, hogy egy-egy fénykibocsájtó egység felszerelési ideje nem lesz több kettő percnél. A földi teszteknel 690 láb vízszintes látás mellett az UV-fényekkel felszerelt teherautó 2600 lábról vált láthatóvá. A NASA Dryden F/A-18-asa HUD differenciális GPS és FLIR/TV segítségével gyűjt összehasonlító adatokat.



2. ábra. A ködszem érzékelő és fényforrása

Ha a színes HUD hozzáférhető lesz (polgári felhasználók számára), akkor a Norris különböző színekkel szeretné a futópályát ábrázolni. A passzív UV-rendszer más típusú leszállást segítő eszközzel való kombinálásának igazi haszna az lehet, hogy módosított I. kategóriájú repülőterek kiszolgálhatnak „ködszem”-mel felszerelt I. kategóriás gépeket a III.a kategória viszonyai között. A pilóta követheti az ILS, MLS vagy a GPS irányítást a műszeres megközelítés során, amíg a HUD-on fel nem tűnnek a futópálya látható jelképei és ekkor áttérhet látás utáni repülésre.

A „pilóta leszálló rendszere” ahogy a Norris hívja a „ködszem” /HUD/ I. kategóriás repülőgép kombinációt, olyan áthidaló megoldást adhat amely átvezet az „ILS/MLS/DGNSS¹⁰ melyik legyen?” döntési időszakon. A világ ugyanis e kérdésben három részre szakadt.

A csendes-óceáni térség az ILS-t támogatja, Európa (különösen az Egyesült Királyság) az MLS-t szeretné bevezetni, míg az Egyesült Államok a DGNSS mellett kardoskodik. A „ködszem” felszerelése egy I. kategóriás repülőgépre 75 000 dollár. A repülőterek III. kategóriára való fejlesztésének költségeihez hozzá kell számolni a kvarcburkolatú speciális UV-lámpákat, ez 180 000 dollár egy kifutópályára. A hagyományos felfejlesztés ennél sokkal drágább, ugyanis

¹⁰

nagyon sok plusz lámpa elhelyezése szükséges és ezek tápkábelei valamint a kábelgödrök kiásása szintén igen jelentős költséget jelent.

AZ APALS¹¹ RENDSZER

Az autonóm precíziós megközelítő és leszállító rendszer fejlesztési munkái a Lockheed Martin cégnél folynak. A fejlesztést 1992-ben kezdték és 1996-ra már az előszéria példányok tesztelése folyt. Két amerikai repülőtérre végzett több mint 130 kézi vezérlésű megközelítés és leszállás bizonyítja, hogy a rendszer képes megfelelni a III. kategória követelményeinek.

Észérvek az APALS mellett

Az egyre magasabb biztonsági, folytonossági és megbízhatósági szintek követelményei a repülés legkritikusabb szakaszaiban — műszerrepülési szabályok alkalmazásával végzett megközelítés és leszállás során — egy sor érdekes technikai megoldáshoz vezettek. A legígéretesebb a GPS technológia, amely már demonstrálta, hogy képes kielégíteni a III. kategória által elvárt pontossági követelményeket, de nem képes megfelelni a folytonossági és hozzáférhetőségi előírásoknak anélkül, hogy a földbázisú rendszerek közül kiemelnék. Ez magában foglalja a repülőtér-bázisú rendszerek használatát úgy, hogy azok helyzetmeghatározó és folytonosságot növelő jeleket sugározzanak a beérkező repülőgép számára. Sajnos ezen megoldásokat nem definiálták 1997 előtt így a II-es és III-as kategóriájú GPS megközelítésekről szóló döntéshozatal megkezdése nem volt várható 2005 előtt. A III-as kategóriájú automatikus leszállások csak azokon a reptereken hajthatók végre, ahol az ehhez szükséges ILS, MLS berendezések azt támogatják.

Rendszer áttekintés

Az APALS lehetővé teszi a landolást rossz látási körülmények között, időjárás felderítő radar érzékelőelemként történő használatával. A rendszert teljes egészében a repülőgép hordozza és nincs szüksége földi segédberendezésre. Az APALS többek között egy nagy felbontású radarképet is előállít, amelyet ugyan nem vetít ki, de felhasználja a kifutópályától való eltérés számításához. Gurulás, felszállás és útvonalrepülés során egy tehetetlenségi mérőegységtől származó adatokat kapcsolnak össze a GPS-ből származó sebességi és helyzetadatokkal.

¹¹ Autonomous Precision Approach and Landing System – autonóm precíziós megközelítő és leszállítórendszer.

Különbségi korrekcióval és kód- illetve vivőfázisú algoritmussal kiegészítve ez olyan pontos, mint a differenciális GPS leszállító rendszerek.

A hatótávolság és a hatótávolsággal arányos hibák mérését egy szintetikus apertúrájú, X-sávú meteorológiai radar képeinek előre meghatározott pontokkal való korrelációjának vizsgálatával valósítják meg. A megközelítési útvonalon egymás után következő képek azonosításával a rendszer képes III. kategória követelményeit is meghaladó pontosságot biztosítani. A küszöb felett 30 m-es magasságban a rendszer áttér szabad tehetetlenségi módba, bízva abban, hogy az érzékelők hibáit és a radar magasságmérő adatait pontosítva fenntartható a III. kategória pontossága a földterési pontig.

A rendszer szerkezetéből adódóan zárthurkú folytonossággal rendelkezik a megközelítési és leszállási szakaszok ideje alatt. Ha nincs korreláció a rendszer által érzékelt és a földön található tereptárgyak között, akkor a pontosság lecsökken. Míg a jelenlegi helyzetet arra használják, hogy merre keressék a következő „képet”, ez a lecsökkent pontosság végül is megakadályozza a navigátort a „kép” megtalálásában.

Még fontosabb, hogy folytonossági monitorrendszer érzékeli a hibás korrelációkat és kiszámítja a navigációs feladat pillanatnyilag elvárható pontosságát. Ezen a módon az APALS eldöntheti, hogy a pontosság elegendő-e a megközelítés folytatására, vagy kiadja a „megszakított megközelítés” riasztást. A navigációs adatokat kijelezheti HUD segítségével, vagy az ILS-sel egyenértékű adatokat szolgáltat a repülésvezérlő rendszerbe.

Az adatok vezethetik a robotpilótát és II-es, III-as kategóriájú automatikus leszállító rendszereket. Az ILS egyenértékű adatok — LLZ¹², GS¹³, LLZ azonosító és marker jelek — a pontos helyzetből és a megközelítés geometriájából számíthatók. Amikor az útvonalat meghatározzák a rendszer beindításakor, a tárolt adatbázis változóit használva, bármilyen jóváhagyott megközelítés alkalmazható.

Rendszer követelmények

Az RNP¹⁴ megközelítési, leszállási és indulási koncepció meghatározza a rendszertervezés négy aspektusát, amelyet minden útvonalrepülési és megközelítési rendszer ki kell elégítsen: pontosság, folytonosság, funkciók folytonossága és hozzáférhetőség. Az RNP, amíg fejlesztése zajlik, már elfogadott mint irányadó a teljes rendszerhiba teljesítményszintjei számára. Ehhez hozzávéve, az RNP meghatározott elfogadott teljesítményhatárokat a folytonosságra, teljességre és

¹² Localizer – irányász adó.

¹³ Glide Slope – siklópálya.

¹⁴ Radionavigation Plan – rádió navigációs terv.

hozzáférhetőségre a precíziós megközelítési rendszer számára. Ezek azok az értékek, amelyeket az APALS gyártásánál előírt követelményként vesznek figyelembe. Folyamatban lévő rendszerhibák analizisét és a funkcionális hibák analizisét is fel fogják használni arra, hogy finomítsák ezeket a követelményeket. Az FAA III. kategóriás DGPS¹⁵ megvalósíthatósági programja jelenti az egyik alapját az APALS pontossági és integritási figyelésének, amelyet ehhez a kísérleti rendszerhez viszonyítanak.

A függőleges és vízszintes érzékelők hibáit használják arra, hogy kiértékeljék a repülési tesztek eredményeit. Az NSE¹⁶ úgy értelmezhető, mint a különbség a valós és a rendszer által becsült pozíció között. A teljes rendszerhiba nem használható az eredményesség mérésére, mivel a tesztrepülőgép nem volt felszerelve automatikus leszállító rendszerrel.

Rendszer leírás

Az APALS három fő összetevővel rendelkezik:

- digitális elektronikai egység;
- radar illesztőrendszer;
- pilóta felé történő jelátalakítást megvalósító rendszer.

A digitális elektronikai egység áll a processzorból, a be/kimeneti csatolókból, tehetetlenségi mérőegységből, GPS vevőből, robusztus tartóelemekből és tápegységből [2]. Az APALS működése során egyedülálló párhuzamos adatfeldolgozó rendszert használ, három egymáshoz csatlakoztatott processzor révén. Ennek két jelentős előnye is van: a szoftverelemeket megosztja a két processzor között, azok fontossága szerint és szükségtelemé teszi a rendszerbuszt, nagyon magas szintű megbízhatóságot érve el ezzel. Továbbá a rendszer könnyen bővíthető.

Repülési tesztek

Az APALS segítségével a tesztrepülőgép 17 megközelítést hajtott végre Új-Mexikóban 1995–96-ban. A célok a következők voltak:

- bemutatni a rendszer útvonalrepülési és megközelítési pontosságát a III. kategória viszonyai között;
- fejleszteni az APALS teljesség figyelő rendszerét és megbízhatóságát;
- a repülőgép repülési helyzetkép adója részére II. kategóriájú ILS formátumú adat biztosítása.

A repülés előtti ellenőrzés azzal kezdődik, hogy a pilóta bekapcsolja az APALS rendszert. A személyzet kiválasztja a repülési útvonalat és a megközelítendő

¹⁵ Differential GPS – különbségi GPS.

¹⁶

futópályát, ami minden APALS rendszer részére szükséges a beinduláshoz. Ekkor egy beépített önellenőrző rendszer is elindul, ha ez nem talál hibát azt fénynyel jelzi. A pilóta elindítja az egybeesés kereső funkciót, ha ez sikeres (kb. 4 percet vesz igénybe), akkor újabb fény gyullad ki és megkezdődhet a gurulás. Az APALS minden olyan információt biztosít, amire egy ILS képes (LLZ, GS, marker jelek, morze azonosító) a megközelítés megkezdésétől egészen a kigurulás végéig. A pilóták feladata ILS-szerű leszállás végrehajtása volt a rendszer segítségével.

Földi ellenőrzés

A valós helyzetadatokat nagy pontosságú GPS segítségével gyűjtötték, és utólagos számításokkal a pontosságot 10 centiméteresre növelték.

EREDMÉNYEK

62 megközelítés eredményei alapján (III. kategóriás) a nyújtott pontosság több mint elegendő a III. kategória melletti üzemelésre, sok hibaérték csak töredéke az ICAO¹⁷ követelményeknek [1]. A repülési tesztek megmutatták, hogy a rendszert a 60 cm-es hó sem tudja megtéveszteni, megbízhatóan szállította az „ILS” adatokat a leszállás során.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Hvizd, James J., Dieffenbach, Otto W.: APALS program status: preproduction flight test results and production implementation, 1996.
- [2] Autonomous Precision Approach and Landing System (APALS), Journal of ATC, April-June 1995.
- [3] A new approach to approaches, Flight International, October 5-11, 1994.

¹⁷ International Civil Aviation Organization – Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet.

RAKÉTÁK REAKTÍV HAJTÓMŰVEI

A katonai alkalmazású rakétákban nagyon széleskörűen alkalmazzák a reaktív hajtóműveket, melyeknek nagyon sok típusa létezik, annak függvényében, hogy éppen melyik technológiai korszakot képviseli, vagy milyen méretű, illetve alkalmazási területű rakétában alkalmazzák azt. Ez a cikk szinte a teljes keresztmetszetét bemutatja a repülőfedélzeti rakétákon alkalmazott rakétahajtóműveknek.

A REAKTÍV HAJTÓMŰVEK

A rakétahajtóműveket fizikai szempontok alapján a reaktív hajtóművek csoportjába sorolhatjuk, melyeket alapvetően két nagy csoportra oszthatunk.

Az egyik nagy csoportba azok a hajtóművek tartoznak melyek az atmoszférában található levegőt használják, mint az energiaforrás nélkülözhetetlen komponensét, vagy mint a kiáramló tömeget, vagy mint mindkettőt. Ezeket a hajtóműveket levegőnyelő, vagy aerob hajtóművek. Ilyen hajtóműveket találhatunk a repülőgépeken, néhány rakétán és a robot repülőgépeken. Ezeknek a hajtóműveknek az alkalmazási magassága igen korlátozott és bármennyire is szeretnénk, de 30000 méter fölött már nem alkalmazhatóak.

A másik nagy csoportba azok a hajtóművek tartoznak, melyeknek nincsen szükségük a környezetükben található levegőre sem energiaforrásként, sem pedig a kiáramló tömeghez. Ezek a levegőt nem nyelő, vagy anaerob hajtóművek. Talán a legismertebb alkalmazási területük űrhajózási hordozó rakéták.

LEVEGŐ NYELŐ HAJTÓMŰVEK

A légsavaros hajtóműnél a vonóerőt a légsavar keresztmetszetén, az úgynevezett légsavartárcsán átáramló levegő felgyorsításával állítjuk elő. A v sebességgel mozgó repülőgépre szerelt légsavar a „beszívott” levegőt $2w$ sebességnövekedéssel „löki” hátra. Mivel hatása a tárcsa előtt és mögötti térre is kiterjed, amit a sugárkontrakció mutat, bizonyítható, hogy a légsavar síkjában sebességnövekmény feleakkora, vagyis w .

A légsavart hajthatja dugattyús motor, vagy gázturbina. Mindkét esetben a hajtómű a környezeti levegőt használja az energiaforrás egyik komponensként.

A légszavas hajtómű legjobban a viszonylag kis sebességű repülőgépeknél, légi járműveknél alkalmazható.

A gázturbinás sugárhajtómű főalkotó elemei a levegő szívócsatorna, a sűrítő vagy kompresszor, az égőkamra, a turbina és a fúvócső. Az égőkamrában, a sűrített levegőben elégetett üzemanyagból nyert energia egy részét a turbina átalakítja mechanikai energiává a kompresszor hajtására, a megmaradó rész a fúvócsőben átalakul mozgási energiává és tolóerőt fejt ki.

Ezt a hajtómű típust a közepes és nagy sebességű repülőgépeknél, robotrepülőgépeknél kerül alkalmazásra. (körülbelül 2-2,5 M¹ tartományig)

Az ennél nagyobb sebességeknél már feleslegessé válik a turbókompresszor, mivel a szívócsatornában létesített torlónyomás, rekompreszió elegendő az égési reakció jó hatásfokú lefolyásához. Az ilyen típusú hajtóműveket hívjuk a torlósugar hajtóműnek.

Ez a propulziós rendszer csupán a levegő beömlőcsatornából, az égőtérből és a fúvócsőből áll. Mivel nincsenek benne nagy sebességgel forgó alkatrészek, mint a kompresszor, vagy a turbina, felépítése sokkal egyszerűbb, mint a gázturbinás sugárhajtóművéké. Ezzel szemben viszont nagy hátránya, hogy csak nagy sebességeknél (kb. kétszeres Mach szám elérése után) lehet beindítani. Emiatt a torlósugarhajtóművet mindig gázturbinás sugárhajtóművel vagy rakétahajtóművel kell társítani.

LEVEGŐT NEM NYELŐ HAJTÓMŰVEK

A levegőt nem nyelő hajtóműveket leggyakrabban rakétahajtóműként szoktuk emlegetni. Vizsgáljuk meg mit nevezünk rakétahajtóműnek.

„Olyan különleges sugárhajtómű, amely a működéshez nem a környező levegőt használja fel, hanem az üzemeltetéshez szükséges anyagot a fedélzeten viszi magával. Ebből eredően a rakétahajtómű bárhol, még légüres térben is elő tud állítani tolóerőt. A rakétahajtómű lehet: kémiai, atom- és elektromos rendszerű. A kémiai rakétahajtómű munkaközege nagy hőmérsékletű gáz, a rakéta-hajtóanyag égésének, vagy nagyon gyors bomlásának a terméke. Ma még az atom-rakétahajtómű fejlesztési stádiumban van; az elektromos rakétahajtóművek pedig gyakorlatilag csak az irányító rendszerek orientációs egységeiben fordulnak elő.” [14]

A fenti definíciót megvizsgálva a rakétahajtóműveket két csoportra oszthatók:

Az egyikben – a kémiai rakétahajtóművekben – az energiaforrás és a kiáramló tömeg szoros összefüggésben van egymással, míg másokban a hajtómű energia forrása és a kiáramló tömeg nincsen olyan szoros összefüggésben egymással.

¹ M, mint Mach szám. A repülésben a sebesség meghatározásának mértékegység nélküli mérőszáma $M=v/a$, ahol v a repülési sebesség, a pedig a helyi hangsebesség

Például használható az atomenergia vagy a napenergia. A kiáramló tömeget gyorsíthatjuk magas hőfokú gázkeverék expanziójával vagy esetleg elektromágneses tér segítségével.

Számunkra az első csoport a lényeges ugyanis a repülőfedélzeti rakétákban ezen az elven működő hajtóműveket alkalmazunk, mivel gyakorlati megvalósítása az ilyen típusú hajtóműveknek lehetséges viszonylag olcsón és egyszerűen. Ezek a hajtóművek azért is alkalmasak repülőfedélzeti rakétákban való alkalmazásra, mert rövid idő alatt képesek igen nagy sebességeket (akár 3-3,5 M) elérni, így igen nagy távolságokat rövid idő alatt megtenni.

A repülőfedélzeti rakétákban alkalmazott rakétahajtóműveket a következőképpen csoportosíthatjuk:

A rakétahajtóművek felosztása

1. táblázat

RAKÉTA HAJTÓMŰ					
FOLYÉKONY HAJTÓANYAGÚ		SZILÁRD HAJTÓANYAGÚ		KOMBINÁLT HAJTÓMŰ	
EGYFOKOZATÚ	KÉTFOKOZATÚ	EGYFOKOZATÚ	KÉTFOKOZATÚ		KÉTFOKOZATÚ

Ha csoportosítjuk a repülőfedélzeti rakétákat, és megvizsgáljuk, hogy a különböző csoportokban milyen rakétahajtóművek fordulnak elő, akkor a következő következtetésre jutunk. Nem irányítható rakéták esetében kutatásaim során nem találok csak szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművel. Ez a rakéták viszonylag gyakori kis méretével és a hajtómű gyártási hibáiból adódó viszonylag kis szórásból és a hajtómű megbízható működéséből, olcsó előalíthatóságából adódik. Az irányítható rakéták között különbséget kell tenni a légiharc és a felszín elleni rakéták között. A légiharc rakéták között sem találok csak szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművet, míg a felszínelleni rakéták között igen nagy a választék. A rakéta harcászati jellegétől, vagy a hatótávolságtól illetve a rakéta méretétől függően ebben a csoportban megtalálható valamennyi korábban felsorolt hajtómű.

A felsorolt reaktív hajtóművek szinte bármilyen kombinációja előfordulhat a rakétákon és ennek függvényében beszélünk egyfokozatú, vagy kétfokozatú hajtóműről. Háromfokozatú hajtóművel egyelőre nem találok, de létezését nem tartom kizártnak, mivel az elektronika igen gyors fejlődésével a lokátorok, egyéb felderítő eszközök hatótávolsága is fejlődik, ami lehetővé teszi az egyre nagyobb távolságból történő rakétaindítást.

A sajtóban robotrepülőgépként vagy cirkálórakétaként emlegetett eszközöknek gázturbinás sugárhajtóműve van esetleg utánégetővel, vagy nélküle. Éppen ezért ha a hajtómű oldaláról közelítjük meg az eszköz elnevezését, akkor a robotrepülőgép a jobb elnevezés, de legtöbb szakmai könyvben rakétaként írnak ezekről az eszközökről. Nem tartom tisztelnak az elnevezések közötti ellentmondást feloldani csak rá szeretnék világítani, az elnevezések közötti ellentmondásra.

A hagyományos értelemben vett rakéták között találunk olyat, amelyik egyfokozatú, szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművel rendelkezik, melyek felépítését nem tervezem tárgyalni. Találunk viszont olyat, amelyik kétfokozatú hajtóművel rendelkezik, melyek közül az első fokozat – a gyorsító fokozat – szilárd hajtóanyagú rakétahajtómű. Ezen rakéták második fokozata lehet levegőt nem nyelő, tehát a hagyományos értelemben vett rakétahajtómű, lehet viszont levegőt nyelő torlósugarhajtómű. Ezek között a hajtóművek között is megkülönböztethetünk folyékony és szilárd hajtóanyagú hajtóműveket.

Szilárd és folyékony hajtóanyagú rakétahajtóművek rövid összehasonlítása

A szilárd hajtóanyagú rakétahajtómű szerkezetét tekintve igen egyszerű. A szilárd hajtóanyagot – általában különféle lőporokat – hajtótöltet formájában,² a tüzelőtérben helyezik el, így tulajdonképpen a tüzelőtér egyben a hajtóanyagtartály, és egyben a rakéta törzse is.

Igen fontos előnye:

- szerkezet, így a gyártása is egyszerű és viszonylag olcsó;
- a hajtóanyag állandóan a rakétában tárolható;
- az indításhoz való előkészítés a hajtómű szempontjából nem igényel előkészítési időt.

Hátrányai:

- mivel a hajtótöltet tárolótartálya a hajtómű működése során tüzelőtérre változik, és egyben a rakéta törzse is, így a fellépő nagy nyomást és hőmérsékletet a tervezéskor figyelembe kell venni, ami megnövelheti a tüzelőtér méretét;
- viszonylag kis fajlagos tolóerő;
- az égési folyamatot jelentősen befolyásolja a töltet kezdeti hőmérséklete;³
 - nagyon nehezen, vagy egyáltalán nem oldható meg a hajtómű leállítása.

Figyelembe véve a felsorolt előnyeit – hátrányai ellenére – páncéltörő, tűzér-ségi, légvédelmi, repülőgép-, helikopter-, hajó- és tengeralattjáró-fedélzeti rakétákban is széleskörű alkalmazást nyert. A korszerű szilárd hajtóanyagú rakéta-

² lásd [15] Szilvássy László: Repülőgép-fedélzeti rakéták hajtóműveiben alkalmazott hajtóanyagok, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Repülőtiszt Intézet Repüléstudományi Közlemények, X. évfolyam 25. szám 1998/2.

³ Töltet kezdeti hőmérséklete: a hajtóanyagok lényeges tulajdonsága. A töltethőmérséklet meghatározza a szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművek tolóerejét, ugyanis a kisebb hőmérsékletű hajtótöltet lassabban ég. Ennek eredményeként egy időegység alatt kevesebb égéstermék keletkezik, tehát kisebb a tolóerő. A töltethőmérsékletnek -30 °C -ról $+40\text{ °C}$ -ra való növelésekor a tolóerő, a hajtóanyag fajtajától függően, 40-60 %-kal növekedhet. A töltethőmérsékletet a löelemek megadásakor, illetve a szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművek üzemeltetése során figyelembe kell venni. [14]

hajtóművek legnagyobb fajlagos tolóereje 3000 N/kg, a legnagyobb tüzelőtér nyomásuk pedig mintegy 20 MPa.

A folyékony hajtóanyagú rakétahajtóművet gyakran alkalmazzák közepes ill. nagy hatótávolságú rakétafegyverekben. Az ilyen típusú hajtóművek szerkezete bonyolultabb, mint a korábban tárgyalt szilárd hajtóanyagú rakétahajtóművéké. Általában hajtóanyag tartályból vagy tartályokból, hajtóanyag-táprendszerekből, hajtóházból (tüzelőtér a fűvókával) és a hajtómű automatikából áll. A hajtóanyag-tartályokban tárolt összetevőket (általában oxidálóanyagot és tüzelőanyagot) a táprendszer szállítja a tüzelőtérbe, ahol a meggyulladás után folyamatos égés játszódik le.

A hajtómű-automatika irányítja a hajtómű működését:

- a megindítását;
- az összetevők begyűjtését;
- a tüzelőtérbe betáplálható hajtóanyag mennyiségének szabályozását;
- az összetevők egymáshoz viszonyított mennyiségének megváltoztatását;
- a hajtómű leállítását.

A folyékony hajtóanyagú rakétahajtóművek előnyös tulajdonságai:

- a szabályozás egyszerűsége és pontossága;
- a gyors és pontos leállítás lehetősége;
- viszonylag magas fajlagos tolóerő.

Hátrányai

- bizonyos típusú hajtóanyag-összetevőket sajátos tulajdonságuk miatt nem lehet a rakéta fedélzeti tartályaiban tárolni huzamosabb ideig;
- az előbbiből következően viszonylag nagy előkészítési idő;
- szerkezete meglehetősen bonyolult;

Hajtóanyagok összehasonlítása

2. táblázat

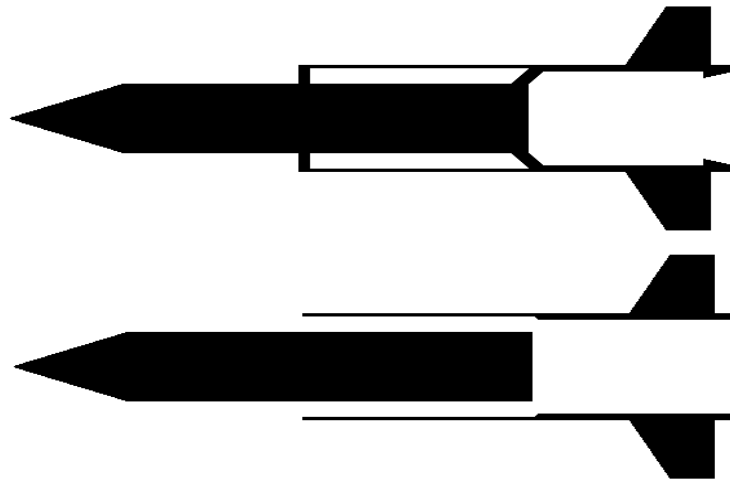
	Fajlagos tolóerő [Ns/kg]	Kiáramlási sebesség [m/s]	Tüzelőtér nyomás [MPa]
Szilárd hajtóanyagok	2500-3000	1000-2500	15-20
Folyékony hajtóanyagok	3500-4000	2500-4000	6-8

A különböző hajtóanyagú rakétahajtóművekről eddig leírtakat figyelembe véve megállapíthatjuk, hogy a gazdaságossági és kezelhetőségi szempontokat figyelembe véve látható, hogy a szilárd hajtóanyagformák térhódítása miatt olyan jelentős a repülőfedélzeti rakéták körében.

RAKÉTÁKON ALKALMAZOTT TORLÓSUGÁRHAJTÓMŰ FELÉPÍTÉSE

Torlósugarhajtóművel felszerelt rakéták különös ismertetője, hogy rendelkeznek valamilyen levegőbeömlő csatornával, vagy csatornákkal. Ismerek olyan rakétát, melynek a levegő beömlő csatornája külső megjelenésében a MiG-21 repülőgép beömlő csatornájára hasonlít. Ha jobban megvizsgáljuk a rakéta hajtóművének felépítését a hasonlóság fokozódik, ugyanis a rakéta második fokozata nem más, mint az egyik ismert MiG típusú repülőgép utánégető fokozata, folyékony kerozin üzemanyaggal. Természetesen mire ez a hajtómű működésbe kezd a rakéta már közel 2 Mach sebességgel repül. Ezt a sebességet négy darab szilárd hajtóanyagú leváló rakétahajtómű biztosítja.

A másik igen gyakran alkalmazott torlósugarhajtómű felépítését tekintve eltér az előbb említettől. A különbség az, hogy a levegő beömlő csatorna a rakéta testen kívül, az oldalán helyezkedik el. A leggyakrabban alkalmazott beömlőcsatorna szám a négy. Éppen ez az, ami nagyon sok félreértésre ad okot ugyanis felületes szemlélő számára ez a négy beömlőcsatorna úgy néz ki, mintha négy gyorsító fokozat lenne, amiről fentebb írtam. Az ilyen típusú rakétahajtómű általában közös hengeres testben nyer elhelyezést a gyorsító hajtóművel egymás mögötti elrendezésben. A rakéta indulásakor csak a gyorsító fokozat indul és viszonylag rövid idő alatt nagymennyiségű szilárd hajtóanyagot éget el, progresszív égéssel a rakéta gyorsításához. A gyorsító fokozat kiégésével egy időben indul a második, menet vagy utazó fokozat, ami a kiéget indító hajtóműteret használja égőtérként, ahol megtörténik hajtóanyag elégetése a környező levegő segítségével. A levegő beömlő csatornák addig, míg a gyorsító fokozat működik lezárásra kerülnek egy speciális dugó segítségével. (lásd 1. sz. ábra felső rajz)



1. ábra. A torlósugarhajtómű felépítése

A dugókat a start hajtóműben uralkodó nagy nyomás tartja a helyükön mindaddig amíg a hajtómű nyomása magasabb mint a torlónyomás. Ez pedig a hajtómű kiégésekor következhet csak be. Ekkor a dugók a torlónyomás hatására beesnek az égőtérbe és rendszerint elégnak vagy távoznak a fúvókán keresztül. Az indító hajtómű kiégésével egy időben szükség van a fúvóka keresztmetszetének megnövelésére a menet hajtómű igényeinek megfelelően (lásd 1. sz. ábra alsó rajz). Ezt a leggyakrabban egy lerobbantható fúvóka egységgel oldják meg. A menet hajtómű a hajtóanyag tekintetében lehet akár folyékony akár szilárd. Bármelyikről is legyen szó olyan összetételű, hogy az égés során felhasználásra kerülő oxigén csak egy részét tartalmazza így szükséges a külső levegő betáplálás a tökéletes égéshez.

Végezetül szeretnék néhány példát felsorolni az ismertebb rakétákon alkalmazott különböző rakétahajtóművekre. (Előre bocsátom, hogy a felsorolás csak olyan információt tartalmaz, amely az irodalomjegyzékben felsorolt nyílt, szabadon hozzáférhető könyvekben, jegyzetekben fellelhető.)

Néhány rakéta és hajtóműve

3. táblázat

	EGYFOKOZATÚ		KÉTFOKOZATÚ			
			ELSŐ FOKOZAT		MÁSODIK FOKOZAT	
	SZILÁRD	FOLYÉKONY	SZILÁRD	FOLYÉKONY	SZILÁRD	FOLYÉKONY
AA-1, -2, -3, -4	X					
AA-5, -6, -7, -8	X					
AA-6, -7, -8	X					
AS-4, -5, -6		X				
AS-15		X***				
SA-4, Ganef			X			X**
SA-6, Gainful			X		X*	
AS-11			X		X	
ASMP			X			X**
Kormoran			X		X*	
ANS			X		X*	
Martel			X		X	
Gabriel III A/S			X		X	
Penguin			X		X	
RB 05A				X		X
ACM		X***				
AGM-86B		X***				
AGM-84A Harpon		X***				
AMRAM, AIM-120	X					
ASAT			X		X	
Phoenix, AIM-54	X					
Sidewinder, AIM-9	X					
Sparrow, AIM-7	X					

* torlósugár rakétahajtómű;

** kerozin hajtóanyagú, torlósugárhajtómű;

*** gázturbinás sugárhajtómű.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] GUNSTON, Bill Korszerű harci repülőgépek fegyverzete, Zrínyi Kiadó, Budapest, 1995.
- [2] Haditechnika folyóirat 1996/3. szám
- [3] Haditechnika folyóirat 1997/4. szám
- [4] Hadtudományi lexikon CD-ROM, MHTT 1995, Scriptum Rt. 1998.
- [5] Idegen hadseregek katonai repülőerőiben rendszeresített főbb fedélzeti pusztítóeszközök, Magyar Honvédség kiadványa 1993, (Id/16 Szabályzat)
- [6] KAKULA János mk. őrnagy Rakéták szerkezetana, Főiskolai jegyzet, KGyRMF, Szolnok 1989.
- [7] KAKULA János mk. őrnagy Robbanóanyagok és a robbanás hatásai, Főiskolai jegyzet, KGyRMF, Szolnok 1990.
- [8] DR. LUKÁCS László Katonai robbantástechnika és a környezetvédelem, ZMNE HTK, 1997.
- [9] MiG-29 publication by 4+ Publishing Co., Praha, 1995.
- [10] Militair folyóirat I. évf./ 1. szám, Triak gmk, 1996. május
- [11] Militair folyóirat I. évf./ 2. szám, Triak gmk, 1996. június
- [12] NAGY István György – SZENTESI György Rakétafegyverek űrhajózási hordozórakéták, Tipuskönyv, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1983.
- [13] PAPP Bálint – NAGY István György – DR. TAMÁSI Zoltán Rakétafegyver, Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1962.
- [14] SÁRHIDAI Gyula: Robotrepülőgépek, Haditechnika fiataloknak Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1986.
- [15] SZENTESI György Hadászati rakéták, Haditechnika fiataloknak Zrínyi Katonai Kiadó, Budapest, 1987.
- [16] SZILVÁSSY László Repülőgép-fedélzeti rakéták hajtóműveiben alkalmazott hajtóanyagok, Repüléstudományi Közlemények, Szolnok, 1998/2. (43-50) o.
- [17] ИЛЬИНА, О. А. Авиационное вооружение, Военное издательство Министерство Обороны СССР, Москва, 1977.
- [18] КОНОВАЛОВ, Н. Е. – МЕЛИК-ПАШАЕВ, Н. И. Теория авиационных двигателей, Часть III. Прямоточные ВРД и ракетные двигатели, ВВИА им. Жуковского, Москва, 1974.
- [19] САРКИСЯН, Р. С. Авиационные боеприпасы, ВВИА им. Жуковского, Москва, 1978.
- [20] ЧУМАКОВ, В. А. Авиационные ракеты ВВИА ВВИА им. Жуковского, Москва, 1974.

REZÜMÉ

Dr. Hadnagy Imre József

A repülőgép sugárhajtómű, mint tűzoltószer

A cikk a repülőeszközök sugárhajtóművének a tűzoltásban való térhódításával foglalkozik. Széles irodalombázisra támaszkodva mutatja be azt az utat, amíg elődeink az ötlettől a jelenlegi gyakorlatig eljutottak. A lánglovagok ma már korszerű repülőgép sugárhajtóművekkel fékezik meg a fáklyatüzeket, a zárt térben keletkezett tüzeket. A fejlődést leginkább indukáló olaj- és gázkút tüzek elleni küzdelem áll a mondanivaló középpontjában, ezt a szerző némi elméleti ismeret közreadásával tárja az olvasó elé. A hazai tűzoltó ügy fejlesztőinek gyakorlati munkája sem kerüli el a cikk írójának figyelmét, abba is betekintést ad. A képeken az – ötletadó Szilvay Kornél repülőgép-motoros szárazoltógépe, és az írásműben szereplő magyar sugárhajtóműves eszközök elevenednek meg.

Dr. Berkovics Gábor–dr. Krajnc Zoltán–Palik Mátyás

A jugoszláv repülőerők első évtizedei (1912–1940)

A cikk rövid bepillantást nyújt az olvasó számára a jugoszláv katonai repülés kezdeti — első három — évtizedébe, az 1912-es évektől 1940-ig tartó időszakban. Ismerteti annak kialakítására tett első lépéseket, az I. világháborúra történő igen tudatos felkészülés időszakát, majd annak befejezését követő problémákat, a gazdasági válságot követő intenzív fejlesztések időszakát, valamint II. világháborút közvetlenül megelőző időszakot. A szerzők a történelmi események bemutatását a légiőrszervezetei-, és technikai eszközei minőségi- és mennyiségi mutatóinak ismertetésével támasztják alá hitelesen.

Dr. Hadnagy Imre József

Repülőgépek és helikopterek a tűzoltás szolgálatában

A cikk azzal a céllal készült, hogy a repülőeszközök tűzoltásban történő térnyerésének történetébe bepillantást engedjen. Nem titkolt szándék annak a nehézségekkel, bukkanókkal tarkított útnak a bemutatása sem, amelyen elődeink a repülőeszközök kifejlesztésének ötletétől elindulva jutottak el a repülőgépek, helikopterek tűzoltói gyakorlatban való alkalmazáshoz, és érkeztek el napjainkig.

Orosz Zoltán

Természeti katasztrófák következményeinek felszámolása (árvízvédelem a Tisza mentén)

A természeti, környezeti katasztrófák megelőzésének, elhárításának illetve a segítségnyújtásnak minden lehetséges módját ki kell dolgozni. Bármennyire is úgy tűnik, hogy az ezekre fordított összeg kidobott pénz, az anyagi feltételeket, technikai eszközöket biztosítani kell, hogy veszély, katasztrófa esetén ne érjen bennünket sem anyagi, sem személyi kár.

A Honvédség és ezen belül a 86. Szolnok Helikopter Ezred személyi és technikai állománya felkészült és képes a szükség esetén részére meghatározott humanitárius, katasztrófa elhárítási és védekezési munkákat végrehajtani.

Az anyagi és személyi mentési feladatok végzésére a magas szakmai kiképzettséggel, felelősségtudattal rendelkező katonák — az eddigiekhez hasonlóan — az alaprendeltetésen túl képesek eredményesen részt venni a civil lakosság biztonságának megóvásában.

Dr. Krajnc Zoltán–dr. Berkovics Gábor–Sápi Lajos

A NATO stratégiai koncepciója, mint a magyar légierő jövőbeni képességeinek, doktrínájának alapidokumentuma

A légierő fejlesztése, és doktrinális irodalmának kidolgozása jelenleg is aktuális feladat, aminek egyik kiindulópontját a NATO Stratégiai Koncepciója képezi. A Koncepció egyfajta „*zsinórmértékként*” kell, hogy szolgáljon minden tagállam számára, hiszen egyféle jövőképet (víziót) nyújt a Szövetség stratégiai környezetéről, és ennek megfelelően leírja, hogy milyen katonai képességekkel tudhat a szervezet e kihívásoknak megfelelni. A szerzők a cikkben áttekintik a koncepció főbb tartalmi elemeit, és annak a légierőre való hatását.

Pogácsás Imre

Új technológia alkalmazása az üzemeltetésben

Az „Új évszázad-Új technológia” már nem kopogtat az ajtónkon, hanem megérkezett a Magyar Honvédség üzemeltetési rendszerébe, ahol az új rendszerek magas fokú integráltsága és számítógépes felügyelete a napi gyakorlatban sok olyan képességet is kíván a használatól melynek megszerzése esetenként szemlélet és gondolkodásbeli változtatásokat is követel. Olyan személyek munkáját igényli, akik összefüggéseiben átlátják a rendszereket, azok kapcsolódási felületeit és az egymásra gyakorolt hatásukat. Napjainkban ahhoz, hogy valaki jó „repülőműszaki szakemberré” váljon, készség szinten alkalmaznia kell a kiszolgálá-

lást támogató rendszereket, illetve komplex módon kell kezelnie a rendszerek közötti összefüggéseket. El kell fogadnia, hogy a repülőeszközök üzemeltetésében támaszkodnia kell a támogató rendszerek adta lehetőségekre és a gyártói előírásoknak megfelelően követnie kell a „kötelezően” előírt tevékenységi rendet.

Az üzemeltetésben résztvevő személyekre gyakorolt hatások közül a szerző kiemeli, hogy a rendszerek moduláris felépítése, fejleszthetőségük, informatikai függőségük, az új anyagok (kompozitok), valamint ezek együttes hatása a környezetre új kihívásokat jelent számukra, melyet nagyon nehéz összehasonlítva a „hagyományos” rendszerrel elfogadni és alkalmazni.

Dr. Szabó László–Szilvássy László

A MI–24VM harci helikopter

A szerzők célja bemutatni a Mi-24 harci-helikopter egyik modifikációját a Mi–24VM-et.

Fülek András

A hibadiagnosztikai berendezések fejlődése

A Magyar Honvédségnél üzemeltetett, gázturbinás hajtóművel rendelkező légi járművek üzemeltetési módszere kötött ciklusidejű. Ez azt jelenti, hogy minden egyes alkatrész meghatározott ideig üzemelhet, függetlenül attól, hogy még nem hibásodott meg. Ennek hátránya egyrészt az, hogy a hibátlan alkatrész sem használható a ciklusidő vége után, másrészt a keletkező — ciklusidőn belüli — meghibásodás nem mutatható ki korai szakaszban. Célszerű olyan módszert alkalmazni, amely preventív módon a repülésbiztonságot növeli és a gazdaságosságot is javítja. Erre adhat megoldást az állapot szerinti üzemeltetés bevezetése, amelynek egyik eszköze lehet a hajtómű rezgésdiagnosztikai vizsgálata.

Az állapot szerinti karbantartás, a repülésbiztonsági és gazdasági okok miatt már régóta foglalkoztatja a tervezőket és az üzemeltetőket. A szerző a cikkben áttekinti az ilyen jellegű rendszerek fejlődését, a kezdeti megoldásokat és a jelenleg alkalmazott, illetve tervezett rendszereket.

Dr. habil. Szabolcsi Róbert

A repülőgép–vezető kritikus paramétereinek komplex vizsgálata az oldalirányú irányítási csatornában

A szerző célja összefoglalni a pilóták tevékenységének matematikai modellezésére vonatkozó fontosabb elméleti és gyakorlati ismereteket. A cikkben a szerző

az oldalirányú irányítási csatornában vizsgálja meg és számítja ki a repülőgép-vezető paramétereinek kritikus értékét. A cikkben a szerző által bemutatott módszer természetesen kiterjeszhető, és alkalmazható más irányítási csatornákra is.

Dr. Békési László

A multimédia, mint lehetőség a repülésmechanika tantárgy oktatása során

A szerző a cikkben a tanítás-tanulás komplex rendszerének egy lehetőségét vizsgálja. Indokolja a multimédia alkalmazásának lehetőségeit, példákkal illusztrálva az aerodinamika és a repülésmechanika tantárgyak tananyagrészein keresztül.

Dr. Szegedi Péter–dr. Szabó László

A repülőrakéták kialakulása

A szerzők cikkükben a repülőrakéták kialakulásának történeti áttekintését végzik el a kezdetektől napjainkig azzal a szándékkal, hogy a repülőszakemberek számára olyan tanulmány álljon rendelkezésre, amely a szakmai fejlődésüket szolgálja e tématerületen belül.

Teréki Csaba

Fázisvezérelt antennarácsok

A szerző cikkében a fázisvezérelt antennarácsok elméleti lehetőségeit mutatja be. Napjainkban a korszerű radarberendezések sugárnyaláb mozgatása már nem hagyományos elektromechanikus elven történik, hanem különböző fázistoló áramkörök segítségével. Bemutatja az iránykarakterisztikák számítási módját „N” számú elemi sugárzóból álló rendszernél illetve a fázisfront mozgatási lehetőségét.

Békési Bertold

Az üzemeltetés szintjei, szervezeti elemei és a tevékenységet befolyásoló tényezők

A szerző a cikkben megvizsgálta az üzemeltetés szintjeit, szervezeti elemeit és a tevékenységet befolyásoló tényezőket. Bemutatja az üzemképesség biztosításának összetevőit, rendszerezte és összefoglalta a két meghibásodás közötti repült idő (MTBF) és a meghibásodások intenzitása függvényében a repülőgép működését jellemző adatsort, melynek segítségével az anyagtervezés megoldható.

Dr. Urbán István

A Magyar Honvédség légi járműveinek navigációs berendezései

Napjainkban a léginavigáció szerepe felértékelődött mind a MOOTW feladatok, mind a nem hadműveleti területeken végrehajtott repülési feladatok során.

A Magyar Honvédség széles körű szerepet vállal a NATO és ENSZ missziókban. Ezért az MH repülőgépeinek és helikopterinek fedélzeti navigációs és kommunikációs berendezéseinek vizsgálatát tűzte ki célul a szerző, mely tanulmány második részét (az első részben a szállítórepülőgépek hasonló szempontok szerinti analizését hajtotta végre) tarthatja kezében ezzel a cikkel a kedves olvasó.

Teréki Csaba

A leszállító rendszerek kiegészítő eszközei

A szerző a cikkében olyan kiegészítő berendezést mutat be, amely megkönnyíti a repülőeszköz leszállását bonyolult időjárási körülmények között. Az eszköz együttműködik a leszállító rádió navigációs rendszerekkel (ILS, MLS, GPS). Bemutatja az autonóm precíziós megközelítő és leszállító rendszert, a kísérletek közben felmerült problémákat, azok megoldási lehetőségeit és az elért eredményeket.

Szilvássy László–Dr. Szabó László

Rakéták reaktív hajtóművei

A katonai alkalmazású rakétákban nagyon széleskörűen alkalmazzák a reaktív hajtóműveket, melyeknek nagyon sok típusa létezik, annak függvényében, hogy éppen melyik technológiai korszakot képviseli, vagy milyen méretű, illetve alkalmazási területű rakétában alkalmazzák azt. Ez a cikk szinte a teljes keresztmetszetét bemutatja a repülőfedélzeti rakétákon alkalmazott rakétahajtóműveknek.

SZERZŐK

Dr. Hadnagy Imre József nyá. alezredes	Tűzoltó múzeum, Budapest
Dr. Berkovics Gábor mk. alezredes	egyetemi docens, ZMNE Kossuth Lajos Hadtudományi Kar, Légierő műveleti tanszék, Légierő hadművelet elmélet és harcászat szakcsoport
Dr. Krajnc Zoltán mk. alezredes	egyetemi docens, ZMNE Kossuth Lajos Hadtudományi Kar, Légierő műveleti tanszék, Légierő hadművelet elmélet és harcászat szakcsoport
Palik Mátyás őrnagy	egyetemi adjunktus, ZMNE Kossuth Lajos Hadtudományi Kar, Légierő műveleti tanszék, Repülő szakcsoport, tanszékvezető helyettes
Orosz Zoltán rep. dandártábornok	MH 86. Szolnok Helikopter Ezred, ezredparancsnok
Sápi Lajos őrnagy	egyetemi tanársegéd, ZMNE Kossuth Lajos Hadtudományi Kar, Légierő műveleti tanszék, Repülő szakcsoport
Pogácsás Imre okl. mk. ezredes	MH Összhaderőnemi és Logisztikai Támogató Parancsnokság
Szilvássy László okl. mk. őrnagy	egyetemi adjunktus, ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar Repülőműszaki Intézet Fedélzeti rendszerek Szakcsoport
Fülek András okl. mk. százados	MH Haditechnikai Ellátó Központ, doktorandusz
Dr. habil. Szabolcsi Róbert okl. mk. alezredes	egyetemi docens, ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar Katonai Gépészeti és Biztonságttechnikai Tanszék
Dr. Békési László nyá. okl. mk. ezredes	egyetemi docens, ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar Repülőműszaki Intézet Repülő Sárkány-hajtómű Szakcsoport
Dr. Szegedi Péter okl. mk. őrnagy	egyetemi docens, ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar Repülőműszaki Intézet Fedélzeti rendszerek Szakcsoport, intézetigazgató helyettes
Dr. Szabó László nyá. okl. mk. alezredes	főiskolai docens, ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar Repülőműszaki Intézet Repülő Sárkány-hajtómű Szakcsoport
Teréki Csaba okl. mk. őrnagy	egyetemi adjunktus, ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar Repülőműszaki Intézet Fedélzeti rendszerek Szakcsoport

Békési Bertold okl. mk. őrnagy	főiskolai docens, ZMNE Bolyai János Katonai Műszaki Kar Repülőműszaki Intézet Fedélzeti rendszerek Szakcsoport, intézetigazgató helyettes
Dr. Urbán István őrnagy	egyetemi adjunktus, ZMNE Kossuth Lajos Hadtudományi Kar, Légierő műveleti tanszék, Repülő szakcsoport