

**ZRÍNYI MIKLÓS NEMZETVÉDELMI EGYETEM
BOLYAI JÁNOS KATONAI MŰSZAKI KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

Szilvássy László okl. mk. alezredes

**A HARCÍ HELIKOPTEREK
FEGYVERRENDSZERÉNEK MODERNIZÁCIÓS
LEHETŐSÉGEI A
MAGYAR HONVÉDSÉGBEN**

Doktori (PhD) értekezés

**Témavezető:
Prof. Dr. Óvári Gyula egyetemi tanár**

**SZOLNOK
2008.**

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK.....	2
BEVEZETÉS.....	5
1. A KEZDETEK.....	9
1.1. <i>A helikopterekről röviden.....</i>	9
1.2. <i>Helikopterek a második világháború után.....</i>	13
1.2.1. <i>A vietnámi háború hatása az USA helikopter fejlesztéseire.....</i>	13
1.2.2. <i>Helikopter fejlesztések a Szovjetunióban.....</i>	16
1.3. <i>Következtetések.....</i>	19
2. HARC HELIKOPTEREK MODERNIZÁCIÓJA.....	21
2.1. <i>A korszerű harci helikopterekkel szemben támasztott követelmények.....</i>	21
2.1.1. <i>Manőver tulajdonságok.....</i>	24
2.1.2. <i>Fegyverzeti jellemzők.....</i>	24
2.1.3. <i>Passzív és aktív önvédelem.....</i>	26
2.2. <i>Mi-24VM, mint a Mi-24 modernizációja.....</i>	30
2.2.1. <i>A Mi-24 története és változatai.....</i>	30
2.2.2. <i>Mi-24VM – „új” típus születik.....</i>	31
2.2.2.1. <i>Az első modul – életciklus növelés.....</i>	31
2.2.2.2. <i>A második modul – a forgószárny és a faroklégcsavar modernizálása.....</i>	31
2.2.2.3. <i>A harmadik modul – a sárkányszerkezet, fegyverzeti és a kommunikációs eszközök modernizációja.....</i>	32
2.2.2.4. <i>A negyedik modul – a fegyverzet hatékonyságának növelése.....</i>	33
2.2.2.5. <i>Ötödik modul – a bármely napszakban történő bevethetőség biztosítása.....</i>	33
2.3. <i>Mi-28 HARC HELIKOPTER.....</i>	34
2.3.1. <i>Mi-28 „Havoc”.....</i>	34
2.3.2. <i>Mi-28N „Havoc”.....</i>	36
2.3.3. <i>A Mi-28 fegyverzete.....</i>	36
2.4. <i>Ka-50 harci helikopter.....</i>	37
2.4.1. <i>Ka-50 története.....</i>	37
2.4.2. <i>A Ka-50 fegyverzete.....</i>	39
2.4.3. <i>Ka-52 harci helikopter.....</i>	40
2.4.4. <i>Ka-50-2 „Erdogan” harci helikopter.....</i>	40
2.5. <i>AH-64 „APACHE” HARC HELIKOPTER.....</i>	40
2.5.1. <i>Az „Apache” története.....</i>	40
2.5.2. <i>Az AH-64A főbb harcászati-technikai jellemzői.....</i>	41
2.5.2.1. <i>Általános jellemzés.....</i>	41
2.5.2.2. <i>A Longbow rendszer.....</i>	41
2.5.2.3. <i>Az Apache modernizálása.....</i>	42
2.5.3. <i>A „Longbow” fegyverrendszer.....</i>	42
2.5.3.1. <i>A „Longbow” tűzvezető lokátor.....</i>	42
2.5.3.2. <i>Földi célok felderítése.....</i>	43
2.5.3.3. <i>Légi célok felderítése.....</i>	44
2.5.3.4. <i>Terepprofil üzemmód.....</i>	44
2.5.3.5. <i>A radarfrekvencia-interferométer (RFI).....</i>	44

2.5.3.6. Az AGM–114L rakéta.....	45
2.5.4. Az AH–64D „Longbow” és az AH–64A „Apache” összehasonlítása	45
2.6. RAH–66 „Comanche” harci helikopter.....	46
2.6.1. A RAH–66 története.....	46
2.6.2. A RAH-66 fegyverzete.....	48
2.7. Eurocopter „Tiger”	48
2.7.1. A „Tiger” története és változatai	48
2.7.2. A „Tiger” fegyverzete	49
2.8. Augusta A129.....	50
2.8.1. Az A129 története és változatai.....	50
2.8.2. Az A129 fegyverzete.....	52
2.9. AH–2 (CSH–2) „Rooivalk”	52
2.10. Következtetések.....	53
3. HARC HELIKOPTER FEDÉLZETI FEGYVEREI	54
3.1. A lövedékek hatása a célra	54
3.1.1. Lövedékek ütőhatása.....	55
3.1.1.1. Az ütőhatás folyamata	55
3.1.1.2. Az akadály ellenálló ereje	57
3.1.2. Behatolás szilárd, tömör közegbe	58
3.1.2.1. A behatolás paramétereinek meghatározása	58
3.1.2.2. Behatolás réteges akadályba.....	61
3.1.2.3. A páncéltörő hatás	62
3.1.3. A lövedékek becsapódásának sajátosságai - Nagysebességű lövedékek ütőhatása	65
3.1.4. Lövedékek kumulatív hatása.....	67
3.1.4.1. A robbanástermékek szétrepülése és a töltet robbanási mezejének irányítása.....	67
3.1.4.2. A robbanási mező irányítása.....	68
3.1.4.3. A kumulatív hatás	70
3.1.4.4. A kumuláció hidrodinamikai elmélete	72
3.1.4.5. A kumulatív töltetek páncéltörő hatása	74
3.1.4.6. A kumulatív hatást befolyásoló tényezők.....	76
3.1.5. A lövedékek repeszhatása.....	78
3.2. Fedélzeti tűzfegyverek.....	79
3.2.1. Helikopter fedélzeti tűzfegyverekről általában	79
3.2.2. A fedélzeti beépített tűzfegyverek páncéltörő képessége számokban	81
3.3. Nemirányítható rakétafegyverzet.....	83
3.4. Irányítható rakétafegyverzet.....	86
3.4.1. Az irányítható rakétákról általában.....	86
3.4.2. Az irányítható rakéták csoportosítása.....	88
3.4.3. Irányítható páncéltörő rakéták irányítási módszerei	90
3.4.4. Irányítható páncéltörő rakéták.....	92
3.4.5. Önirányítású légiharc rakéták.....	94
3.5. Következtetések.....	95
4. HARC HELIKOPTEREK ÖSSZEHAONLÍTÁSA	96
4.1. Paraméterezett összehasonlító eljárás.....	96

4.1.1. Harci hatékonysági együttható (Φ_0).....	96
4.1.2. A függeszthető irányítható páncéltörő rakéta mennyiségétől és tömegétől függő harci hatékonysági együttható (Φ_1).....	99
4.1.3. A függeszthető irányítható páncéltörő rakéta mennyiségétől, tömegétől, indítási távolságától és páncélatütő képességétől függő harci hatékonysági együttható (Φ_2).....	101
4.1.1. A függeszthető irányítható páncéltörő rakéta mennyiségétől, tömegétől, indítási távolságától, páncélatütő képességétől és találati valószínűségétől függő harci hatékonysági együttható (Φ_3).....	102
4.2. Következtetések.....	104
AZ ÉRTEKEZÉS KUTATÁSI EREDMÉNYEINEK ÖSSZEGZÉSE	106
ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	109
Az értekezés felhasználhatósága.....	110
köszönetnyilvánítás.....	111
ábrajegyzék és táblázatok jegyzéke.....	112
FELHASZNÁLT IRODALOM - irodalmi hivatkozások	114
A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM.....	122
EGYÉB PUBLIKÁCIÓIM.....	124
MELLÉKLET	125

BEVEZETÉS

A múlt században bekövetkezett geopolitikai változások következtében a tömeghadseregek helyett kisebb létszámú, technikailag korszerűbb és folyamatosan korszerűsödő harceszközökkel felszerelt, kisebb haderők jöttek létre. Hazánkban a Honvédség helye, szerepe és létszáma az 1989-es rendszerváltás után megváltozott. Ez az átalakulási folyamat még napjainkban sem ért véget, mivel a Honvédség technikai eszközeinek korszerűsítése hosszú időt vesz igénybe. Az elavult eszközök cseréje a gazdasági lehetőségeken múlik, hiszen a költségvetés, évről-évre többnyire csak a szükséges fenntartásokra elegendő.

A Honvédségen belül a repülőtechnika helyzete is kritikussá vált. Igaz, a légvédelmi feladatok ellátására is alkalmas harcászati repülőgépek pótlása és cseréje már folyamatban van, de ez csak a probléma egyik részét oldja meg. A korábban csapatrepülő erőknél nevezett, ma támogató és biztosító feladatokat ellátó szállító és harci helikopterek helyzete egyre nagyobb problémát fog a felszínre hozni. Az egyik ezek közül, hogy mind a harci, mind a szállító helikopterek száma rendkívül kevés. Ez a gyakorlatban akkor jelent igazán nagy gondot mikor – például egy nagyobb árvíz védekezési munkálatai, vagy egy kritikus hóhelyzetben lerepült idő után – több helikoptert üzemidős javítás, karbantartás miatt le kell állítani és alig marad eszköz, pl. a kutató-mentő szolgálat ellátására. Ebből is következik, hogy a helikopterek cseréje, vagy pótlása elodázhatatlan feladat, amely úgy tűnik, nem kap kellő hangsúlyt a technikai eszközök korszerűsítése során.

A repülő alakulatok állományában – a jelenleg már leszállított Gripeneken kívül – szovjet, román, csehszlovák gyártmányú repülőgépeket üzemeltetünk. Az eszközök pótlása során már nem szükséges csak ebben a relációban gondolkodni – mint ahogy tette ezt a kormány, a harcászati repülőgépek beszerzésénél –, hanem függőségünk további csökkentése érdekében és NATO kompatibilitásunkat még jobban növelve meg kell vizsgálni annak a lehetőségét, hogy más forrásból szerezzünk be helikoptereket. [1]

Honvédelmi képességünk fenntartása és NATO tagságunkból eredő kötelezettségeink, valamint missziókban történő vállalásaink, illetve hazánk jelenlegi gazdasági helyzete nagymértékben befolyásolják a repülőeszközök cseréjét, vagy felújítását. Bármilyen beszerzést, vagy modernizációt egymással összefüggő kutató és elemző munkának kell megelőznie, katonai, műszaki, közgazdasági és pénzügyi területeken. Ehhez a sokrétű feladathoz szeretnék hozzájárulni, – egy részterület – a harci helikopterek modernizációjával kapcsolatban végzett kutatási eredményeim segítségével. Egy olyan tudományosan megalapozott elemzést kívánok készíteni, amely segíti a kiválasztást és javaslatot kívánok tenni a modernizáció lehetőségei közül az általam legjobbnak tartottra, tartottakra.

A jelenleg üzemeltetett harci helikoptereink technikai üzemideje néhány éven be-

lül lejár, így mindenképpen gondoskodni kell pótlásukról. Állítom ezt annak ellenére, hogy a hazánkat fenyegető fegyveres konfliktus esélye egyenlő a nullával. Igaz az ókori római mondás szerint is „*Ha békét akarsz, készülj a háborúra!*”. Tehát a haderő fenntartása szükséges, már csak azért is, mert a XXI. század legfenyegetőbb veszélye a terrorizmus, valamilyen szinten – szerencsére még nem konkrét cselekményekkel – hazánkat is elérte. Szinte az egész világ készül valamilyen mértékben a terrorizmus elleni harcra és ennek során a hadseregek többségében nagy hangsúlyt fektetnek a harci helikopterekre, mint a terroristák elleni harc egyik lehetséges és legsokoldalúbban alkalmazható eszközére.

A másik potenciális veszélyforrás a szervezett bűnözés, mely fegyver, ember és kábítószer csempészéssel is foglalkozik hazánk keleti, schengeni határain. Az emberi találékonyság ebben az esetben is kimeríthetetlen, mert a csempészés kis sebességű, alacsony – a földi telepítésű lokátorok felderítési magassága alatti – magasságokon, kis repülőgépekkel, esetenként sárkányrepülő alkalmazásával is folyik. Ezekben az esetekben a légi igazoltatási feladatok és eljárások végrehajtására is a harci helikopterek a legalkalmasabb eszközök, mivel rendelkeznek elrettentő erőt képviselő fedélzeti fegyverzettel.

Mindezek mellett az utóbbi két évtizedben lezajlott helyi háborúk és konfliktusok is bebizonyították, hogy korszerű légierő nélkül nem kezdődnek és nem kezdődhetnek meg a szárazföldi műveletek. Erre a legjobb példák az Öböl-háborúk, melyekben a légierő szinte teljes mélységben támadta az iraki katonai objektumokat, nem csak harcászati repülő eszközökkel, hanem harci helikopterekkel is. A támadások során bebizonyosodott, hogy a harci helikopterek képesek kulcsfontosságú objektumok hatékony támadására, kihasználva a domborzat adta lehetőségeket.

A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Kar Repülő és Légvédelmi Intézet Fedélzeti Rendszerek Tanszék főiskolai docenseként több éve foglalkozom a különböző főiskolai műszaki tantárgyak oktatása során repülő-, így harci helikopter, fedélzeti fegyverek alkalmazásával, üzemeltetésével és korszerűsítésének kérdéseivel. Témaválasztásom során motiváló erőt jelentett a harci helikopterek jelentős háttérbe szorulása, pedig fedélzeti fegyverrendszerét tekintve, legalább olyan bonyolult eszköz, mint egy harcászati repülő, így kellő kihívást jelentett és jelent a mai napig is annak megismerése. Valamint egy olyan összehasonlító eljárás kidolgozása, amely segítségével objektív rangsort lehet készíteni a harci helikopterekről.

KUTATÁSI CÉLOK

Értekezésemben célul tűztem ki:

- a harci helikopterek modernizációs lehetőségeinek vizsgálatát, összehasonlítást repülőfedélzeti fegyvertechnikai szakterület szempontjából;
- egy olyan összehasonlító eljárás kidolgozását mellyel, objektív eszközökkel, számszerűen összehasonlíthatóvá válnak a harci helikopterek;
- bizonyítani azt, hogy a harci helikopterek nem helyettesíthetők felfegyverzett szállító helikopterekkel;
- bizonyítani azt, hogy a harci helikopterek csapásmérő képességét hogyan befolyásolja az alkalmazott irányítható páncéltörő rakéták harcászati-technikai paramétere;
- egy olyan értékelés elkészítése, amely a helikopterek modernizációja során segítséget nyújt a döntéshozóknak a megfelelő változat kiválasztásában;
- segítséget nyújt az ország védelmi képességének fenntartásához és a NATO tagságunkból eredő vállalt kötelezettségeinknek harcászati-technikai paramétereiben is megfelelő helikopter beszerzéséhez és/vagy a meglévők felújításához.

A téma kiválasztásakor figyelembe vettem, hogy ebben a témában még nem született hasonló munka, holott a jelenleg üzemeltetett harci helikopterek technikai üzemideje hamarosan lejár.

KUTATÁSI MÓDSZEREK

Az értekezésem elkészítése és a kitűzött kutatási célok elérése érdekében a következő módszereket alkalmaztam:

- a Katonai Műszaki Doktori Iskola elvárásainak megfelelő, a kitűzött célok eléréséhez igazodó, és a tudományos munkához szükséges tanulmányi tervet állítottam össze;
- tanulmányoztam a témához kapcsolódó szakirodalmat, kutatásokat végeztem könyvtárakban, repülőcsapatoknál és az Interneten;
- rendszereztem a megszerzett ismerteket;
- részt vettem tudományos konferenciákon, ahol előadásokat tartottam, cikkeket publikáltam és tapasztalatokat szereztem;
- szakmai konzultációt folytattam a témában jártas szakemberekkel;
- összehasonlító elemzéseket végeztem;
- értékeltem az elemzések eredményeit.

AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE

Az értekezés felépítését tekintve bevezetésből, 4 fejezetből, az értekezés kutatási eredményeinek összegzéséből áll és 4 melléklettel egészül ki.

A bevezetésben a témaválasztás aktualitásáról írtam és itt fogalmaztam meg a kutatási céljaimat és írtam le a kutatási módszereimet.

Az **első fejezetben** röviden áttekintem a helikopterek, majd a harci helikopterek kialakulását, valamint a II. világháború, majd az azt követő helyi háborúk hatását azok fejlődésre. A kezdeti időszakban a polgári és katonai helikopterek fejlesztése nem választható külön. A hatvanas években az első harci helikopterek megjelenésével külön el markánsan a két terület és ettől az időszaktól a fejlesztések során már feladat orientáltan tervezik a helikoptereket. Értekezésem további fejezeteiben csak a harci helikopterekkel foglalkozom, ott is azok fedélzeti fegyvereivel.

A **második fejezetben** a harci helikopterek modernizációja során a velük szemben megfogalmazott követelményeket rendszerezem és röviden bemutatom a jelenleg beszerzésre érdemes harci helikoptereket és azok fegyverzetét.

A **harmadik fejezetben** megteremttem az elméleti alapjait az összehasonlító eljárásnak. Ennek során bemutatom a lövedék ütő-, kumulatív és repeszhatásának lényegét. Az elméletre alapozva összehasonlító elemzést készítek a helikopter fedélzeti tűzfegyverek páncéltörő képességéről. Bizonyítom azt, hogy a felfegyverzett szállító helikopterek nem alkalmasak bizonyos feladatok (pl. behatolás az ellenséges területekre, vagy légvédelmi eszközök támadása, vagy légharc megvívása harci helikopterekkel) ellátására, mert a túlélési valószínűségük messze alulmarad a harci helikopterek ugyanezen jellemzőivel szemben. Röviden ismertetem a harci helikopterek fedélzetén alkalmazható nemirányítható rakétákat, majd bemutatom az irányítható rakéták irányítási módszereit, és röviden ismertetem a harci helikopterek fedélzetén alkalmazható irányítható páncéltörő, valamint a közel légharc rakétákat.

A **negyedik fejezetben** a korábban összegyűjtött harcászati-technikai adatok alapján elkészítem a harci helikopterek fegyverrendszerére a paraméterezett összehasonlító eljárást. A kapott eredményeket elemezve ajánlást fogalmazok meg a harci helikopter beszerzése esetén fedélzeti fegyvertechnikai szempontból a beszerezhető harci helikopter típusra, típusokra.

Az **értekezés kutatási eredményeinek összegzésében** a célkitűzéseimmel összhangban elvégzem a tudományos munkám összegzését és tézisekbe foglalom az új tudományos eredményeket.

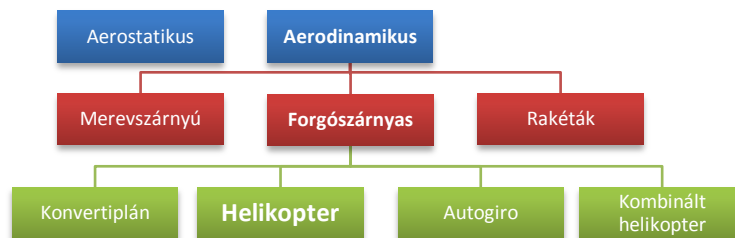
1. A KEZDETEK

„Hiszem, hogy az első és meghatározó alapelve a hadviselésnek az, hogy először a levegőben folytatott ütközetet kell megnyerni, mielőtt elkezdődik a harc a szárazföldön és a tengereken.”

(Montgomery)

1.1. A HELIKOPTEREKRŐL RÖVIDEN

A repülőeszközök, így a helikopterek fejlesztésének egyik mozgatórugója a múlt században is és jelenleg is a hadsereg. Természetesen folytak és folynak fejlesztések polgári alkalmazású eszközök létrehozására is, de ezekkel nem kívánok foglalkozni a dolgozatomban, és a katonai helikopterek közül is csak a harci helikoptereket, azokat is fegyverzeti szempontból fogom vizsgálni. Az egyéb rendszereket, harcászati-technikai jellemzőket csak a szükséges mértékben írom le.



1. ábra A repülőeszközök felosztása F_y felhajtó erő létrehozása szerint [4][153]

Mi is az a helikopter? Amennyiben a repülőeszközöket – több más rendező elv mellett a felhajtóerő (F_y) létrehozása szerint csoportosítjuk, akkor láthatjuk a helikopterek helyét a repülőeszközök között. Tehát az 1. ábrán is látható felosztás szerint a helikopter egy aerodinamikus repülőeszköz, mely a felhajtóerejét, kormányzását és stabilitását a forgószárny(ak) segítségével valósítja meg.

A helikopterek katonai alkalmazása nem új keletű, – olyannyira nem, hogy már a repülés hőskorában is foglalkoztatta a szakembereket – kifejlesztésük kezdete a múlt század elejére tehető. Elsők között épített helikoptert 1918-ban az Osztrák-Magyar Monarchia egyik mérnökcsoportja.



2. ábra PKZ-1 [54]



3. ábra PKZ–2 [54]

Az első világháborúban a Monarchia haderejében kábelen felengedett megfigyelő ballonokat alkalmaztak felderítésre, megfigyelésre, de az Antant repülői nagyon sokat lelőttek közülük. 1916-ban Petróczy István javaslatára – egy, már akkor is a helikopter kifejlesztésén dolgozó mérnök csoportot (Petróczy István, Kármán Tódor és Zsurovecz Vilmos) bíztak meg a további fejlesztésekkel. [38][49][54][56]

1918-ra elkészült a PKZ–1 helikopter (2. ábra), de soha nem emelkedett a levegőbe. Még ugyanebben az évben a PKZ–2 (3. ábra) végrehajtotta első sikeres repülését, igaz ekkor még személyzet nélkül. A forgószárnyak felett volt a megfigyelő kocsár két személy és egy géppuska részére. A későbbi repülések során a gép elérte az 50 méteres repülési magasságot is, de stabilitási hiányosságai miatt belengett, lezuhant és összetört. A háború befejezésével a további kísérletek megszakadtak.

A katonai alkalmazás szempontjából kiemelkedő szerepe volt a spanyol Juan de la Cierva mérnöknek, aki a két világháború között tervezett autogirokat¹. Amennyiben a felhajtóerő szerinti csoportosítást megvizsgáljuk (1. ábra), láthatjuk, hogy ezek az eszközök is a forgószárnyas repülőeszközök csoportjába tartoznak és így mindenképpen befolyással voltak annak fejlődésére. Bár nem váltak be olyan mértékben, amennyire tervezték és így a helikopterek kerültek előtérbe, de fontos technikatörténeti érdemük, hogy segítségükkel vált lehetővé a helikopterek egyik legbonyolultabb kormányzó szerkezeti eleme a napjainkig is használatos vezérlő automata kimunkálása.

Az első repülőképes autogiro a C–4 típus volt, amely 1923-ban eredményesen repült Madrid közelében. Cierva munkásságának jelentőségét bizonyítja, hogy gépeit – licenc alapján, vagy anélkül is – alkalmazta a brit, a francia, a japán, a német, a szovjet és az amerikai hadsereg. Legsikeresebb gépei a C–30 és a javított változata a C–30A típusok voltak (4. ábra).

Egy másik autogiro is sikeres lett. Az Egyesült Államokban 1929-ben megalakították a Kellett Autogiro Corporation-t és a Cierva gépek sikerét látva megvásárolják annak licencét. 1934-ben jelent meg a cég első gépe a K–2, majd követte a kétüléses KD–1. A gép felkeltette a hadsereg érdeklődését is és beszereztek belőle 15 db-ot.

¹ autogiro – vonólégcsavarral és emelő forgószárnyal felszerelt repülőgép. [52]

A sors iróniája, hogy nem az Egyesült Államok hadseregében futott be nagy karriert, hanem a császári Japán hadseregben, amely 1939-ben vásárolt egy KD-1A autogirót, melyet azonnal átadott egy japán cégnek továbbfejlesztés céljából. KA-1 típusnévvel és egy 240 LE-s, német motorral kezdték el a sorozatgyártást 1941-től. A japán haderő 240 db-ot állított rendszerbe, melyek futár, felderítő és tüzérségi tűzhelyesbítő feladatokat láttak el, a haditengerészet pedig tengeralattjáró elhárításban alkalmazta. A flotta nemcsak part menti bázisokról, hanem anyahajókról is üzemeltette. Ez volt az első felfegyverzett autogiro, mert 2 db 60 kg-os hagyományos bombát, vagy tengeralattjáró elhárító mélyvízi bombát is képes volt a levegőbe emelni és alkalmazni. [38][56]



4. ábra Cierva C-30 autogiro [36]

Az Egyesült Államok hadseregének, még a háború évei alatt szolgálatba állított első, egyforgószárnyas helikopterét Igor Sikorsky építette. Az a Sikorsky, aki a cári rendszerben még hazájában dolgozott, majd a forradalom kitörése után kivándorolt Amerikába. Helikopter építésével 1938-tól kezdett a gyakorlatban is foglalkozni. Első helikoptere már 1939. szeptember 14-én levegőbe emelkedett. 1942-ben már XR-4 típusjelzéssel találkozhatunk vele.



5. ábra Sikorsky R-4 [41]

Még ugyanebben az évben a hadsereg elfogadja a helikoptert és megkezdődik a sorozatgyártása R-4 típusjelzéssel (5. ábra). Összesen 131 db készült belőle, melyet felderítő- és mentőhelikopterként alkalmaztak. Harci körülmények közötti

első bevetése Burmában volt, ahol légi felderítési és kutató-mentő feladatokat látott el. Egy R-4-es 1944. április 25-én három sebesült brit katonát és egy szövetséges pilótát mentett ki a japánok által megszállt területről, mintegy 250 km mélységből. [38][41][56]

Németország feltalálói nem találjuk a forgószárnyasok úttörői között. Kivétel talán Dr. Heinrich Karl Johann Focke, aki 1936-ban az Fw 61-es megalkotásával beindította a forgószárnyasok fejlesztését. Az akkori politikai helyzetben a nácik elbocsátották a Focke-Wulf vállalatától, de ő megalapította új cégét a Focke-Achgelist, amely csak forgószárnyasok gyártásával kezdett foglalkozni. Először megvásárolta a Cierva C-19 Mark IV. autogiro licencét, majd 1939 közepére elkészítette az Fa 266 típus első példányát, melyet később átkereszteltek Fa 223-ra (6. ábra).



6. ábra Fa 223 [42]

Az első prototípus világrekordot állított fel. 1940 októberében 182 km/h sebességet ért el, 3705 kg repülő tömeggel, majd két nappal később 7100 m magasságra emelkedett. A cég 100 gépre kapott megrendelést és öt alapváltozatot dolgoztak ki [42][55][56]:

- Fa 223A tengeralattjáró-vadász, 2 db 250 kg-os vízibombával;
- Fa 223B felderítő;
- Fa 223C kutató-mentő;
- Fa 223D szállító;
- Fa 223E kétkormányos kiképző helikopter.

Az Fa 223EV2 prototípuson megjelent a teljesen üvegezett orrész, a teherkabin alatti üveglapok és az orrba szerelt, mozgatható, 7,9 mm-es MG15-ös géppuska. Ez a típus a jobb áramvonalazása révén elérte a 220 km/h repülési sebességet. [37][38][42][56]

A forgószárnyú repülőszervezetek születésénél ott voltak az oroszok is – Szikorszkij², és Jurjev elméleti munkáikkal, igaz, akkor még nem túl sikeres kísérletekkel. A fejlesztések azonban a cári rendszer bukása és jó néhány szakember külföldre menekülése után sem álltak le. Eredményük akkor mutatkozott meg, amikor a Vörös Hadsereg légieréjébe – új fegyverként – 1941 nyarán bevonult az autogiro, melynek tervezői között ismerős nevekkkel találkozhatunk. A típus főkonstruktőre és az üzem igazgatója Kamov, helyettese pedig Mil volt. Két változat készült belőle, a

² Itt még szándékosan Szikorszkij átíratban használom a nevét, de a későbbiekben a Sikorsky angol átíratú változatot fogom használni, hiszen ez a név ebben a formában vált híressé.

polgári az A-7 típusjelzést kapta (7. ábra), a katonai változata pedig az A-7-3a-t. A maga korában talán a legjobban felfegyverzett forgószárnyas volt.



7. ábra A-7 [43]

Fegyverzetébe tartozott 3 db 7,62 mm-es géppuska, ebből az egyik egy körsínre erősített ikergéppuska, amit a megfigyelő kezelte. A szárnyak alatt 4 db FAB-100 bomba, és emellett 6 db 82 mm-es RSz-82 nemirányítható rakéta függesztésére volt lehetőség, hasznos (harci) terhelése pedig 800 kg volt, ami 2-2,5-szer több, mint külföldi kortársainak. A repülő „ősatya” itt is – mint jó néhány más esetben – a Cierva féle autogiro, konkrétan a C-8 típus volt. [38][43][53][56]

1.2. HELIKOPTEREK A MÁSODIK VILÁGHÁBORÚ UTÁN

Az ötvenes évek elején lezajlott koreai háborúban a katonai helikoptereket ugyanazokra a feladatokra alkalmazták, mint a második világháborúban, viszont annál nagyobb számban. A harctéri pozitív tapasztalatok alapján, az Egyesült Államok beindította a tömeggyártást is. 1955-re már 3500, 1970-re pedig már 12 000 helikopterrel rendelkezett. Magyarország is ebben az időszakban rendelte meg első helikoptereit, melyek 1955 végén szovjet személyzettel repültek át hazánkba. Még ugyanabban az évben szovjet oktató személyzet kezdte meg a hazai helikoptervezetők kiképzését, amely 1956 tavaszán fejeződött be. [38][56][60]

1.2.1. A vietnámi háború hatása az USA helikopter fejlesztéseire

A helikopterek katonai alkalmazása és fejlesztése szempontjából a legnagyobb jelentőséggel a vietnámi háború (1961-1971) bírt. Befejezése után a helikopterek használhatóságának fontosságát Westmoreland tábornok, az USAF³ akkori vezérkari főnöke fogalmazta meg és kijelentette, hogy egymillió katonával többet kellett volna a térségben vezényelni, ha nincsenek a hadseregnek helikopterei. A másik nagyon fontos tény, ami nagymértékben befolyásolta a helikopterek későbbi sikerét és elfogadottságát az az UH-1 „Iroquois” (8. ábra), becenevén „Huey” és később az AH-1G „Cobra” (9. ábra) megjelenése a hadszíntéren. A tömeges elterjedésre vonatkozó néhány adat. 1970-re már 4000 helikopter volt a térségben. A szállítások méretei szinte elképesztőek, pl. 1962 és 1970 között a szállító helikopterek 24,7 millió bevetést hajtottak végre, 38,5 millió katonát, 3,5 millió tonna anyagot és harci technikát szállítottak.

³ USAF – United States Air Force – Egyesült Államok Légierője



8. ábra UH-1 „Iroquois” [45]

Ezek a helikopterek látták el a pótolhatatlan kutató-mentő feladatokat is. Az 1965-1969 közötti időszakban 40 471 embert mentettek ki, ezen belül a katapultált hajózállomány 55%-át. [39][40][45][56]



9. ábra AH-1 Cobra [40]

A hatvanas évek elején a csapatok közvetlen légi támogatását háttérbe szorította az interkontinentális ballisztikus és cirkáló rakéták megjelenése. Ebben az időben születtek a harcászati repülők területén azok a fejlesztések, amelyek a mai napig meghatározzák a fejlődésük irányát.

Dr. Kormos László azt írja erről az időszakról: *„Itt szükséges megemlíteni, hogy az atomfegyver, az interkontinentális ballisztikus rakéták és a szuperszonikus vadászok elvakították a katonai teoretikusokat.”*⁴

Tanulmányozva a helikopterek fejlődésének múlt századi eseményeit, egyet kell értsek ezzel a megállapítással, és nem ez volt az egyetlen rosszul értelmezett fejlesztési irány, ami negatív hatással volt a helikopterek fejlődésére. A hatvanas évek végén és a hetvenes évek elején részben már a vietnámi háborúban szerzett tapasztalatoknak is köszönhetően újból hangsúlyt kapott a csapatok légi támogatása. Ebben az időben készültek el és álltak hadrendbe, a máig is ismert és használatban levő csatarepülőgépek, mint például a Szu-25 és az A-10, valamint előtérbe került a felfegyverzett helikopterek fejlesztése. A helikopterek felfegyverzésének gondolata már korábban is foglalkoztak, mert a vietnámi háborúban már teljesítettek feladatot az UH-1 „Iroquois” helikopterek felfegyverzett változatai. Bár nem váltották be a hozzájuk fűzött reményeket, de rámutattak az eszközök szükségességére

⁴ KORMOS LÁSZLÓ A helikopterek katonai alkalmazása

és hiányaira is egyaránt. A harci tapasztalatok azt mutatták, hogy mindenképpen szükség van egy felfegyverzett, jól manőverező és intenzív légvédelmi tevékenység körülményei között is bevethető repülőeszközre. [45][48][56]

A Bell Helicopter Textron már 1962-ben bemutatott egy harci helikopter makettet (D-255, D-262 „Iroquios Warrior”-t), ami az 1965-ben megjelent AH-1 „Huey Cobra” alapját képezte. Az első, nagy szériában gyártott változata az amerikai hadsereg megrendelésére készült AH-1G „Cobra” lett. Ezt a helikoptert szinte azonnal éles körülmények között is kipróbálták, mivel nagy számban került bevetésre a vietnami háborúban. A TOW⁵ páncéltörő rakétákkal felszerelt AH-1G helikopterekkel Európában már úgy számoltak, mint alapvető páncélelhárító eszközzel. Igaz, hogy Vietnamban nem volt jellemző a harckocsik elleni ütközet, de ennek ellenére az Egyesült Államok hadseregében kidolgozták a helikopterek harcjárművek elleni bevetésének eljárásait. Az egyik ilyen módszer lényege az volt, hogy, csapásmérő kötelék előtt repült egy OH-6 típusú felderítő helikopter, amit 1-2 AH-1G kísért, oltalmazva azt és lefogva a légvédelmi eszközöket, majd következett a 2 AH-1G-ből álló csapásmérő kötelék 20 m magasságban repülve. Az utóbbi kötelék a felderítő utasítására 3-4 km-rel a cél előtt ugrást hajtott végre 300 m magasságra és 1,5 km távolságról indította a páncéltörő rakétákat, majd éles fordulóval lesüllyedt 10-20 m-re és elrepültek a céltől. [39][40][48][56]

A vietnami háborúban a helikopterek harci alkalmazásának tapasztalatai megdöntötték még a szkeptikusok azon véleményét is, miszerint rendkívül magas lesz azok légvédelmi eszközöktől elszenvedett vesztesége. A helikopterek harci veszteségei a háború 10 éve alatt elérték az 1900 db-ot, míg a nem harci veszteség a 2300 db-ot. 590 harci bevetésre jutott egy lövedéktalálat, 6600 bevetésre jutott egy teljes helikopter megsemmisítés. Bár Laoszban, a viszonylag erősebb légvédelmi tevékenység miatt a veszteségek nagyobbak voltak. [56][58][59]

Felvetődik a kérdés, hogy vajon Európában vagy más, – légvédelmi eszközökkel sűrűn ellátott – régióban mi lenne a helyzet? E miatt, az NSzK területén gyakorlatot hajtottak végre, melyben amerikai, kanadai és német alegységek vettek részt. Számszerűen 30 kísérletet hajtottak végre, párbaj-szituációban AH-1G és OH-58 helikopterek, „Leopard” harckocsik és „Vulcan” légvédelmi eszközök részvételével. A TOW páncéltörő rakéták indítását és a légvédelmi eszközök tüzét lézersugárral imitálták, betartva a célzás és a rakéta célravezetésének összes reális körülményét. A kísérletek során „lelőttek” 10 db AH-1G „Cobra”-t, és 4 db OH-58 „Kiowa”-t, ezzel szemben a helikopterek 167 harckocsit és 29 „Vulkan” gépágyút „semmisítettek meg”. A harci helikopterek hatékony alkalmazását bizonyította az 1973-as arab-izraeli fegyveres konfliktus is. Ekkor 18 izraeli harci helikopter egy bevetés közben 90 egyiptomi harckocsit semmisített meg, saját veszteség nélkül. [56]

⁵ TOW – Tube-launched, Optically-tracked, Wireguided – csőből indított optikai irányzású vezetékes távirányítású [88]

1.2.2. Helikopter fejlesztések a Szovjetunióban

*«Воинские подразделения современной армии
немыслимы без широкого использования вертолетов.»
„A modern hadsereg alegységei elképzelhetetlenek a heli-
kopterek széleskörű alkalmazása nélkül.”⁶*

Írta M. L. Mil az ötvenes években. [57]

M. L. Mil az ötvenes években egy olyan támogató repülőgép kidolgozásán munkálkodott, mely minden paraméterében felül kellett, hogy múlja a korábbi hasonló rendeltetésű eszközöket. 1965-ben látogatója volt a párizsi Repülőszalonnak, ahol rádöbbsent, hogy elképzeléseit leginkább egy jól felfegyverzett helikopterben tudja megvalósítani.



10. ábra Mi-24A [69]

Még ebben az évben el is kezdődött a helikopter tervezése. A Mi-24 (10. ábra) első prototípusa 1969. szeptember 15-én emelkedett a levegőbe, melynek széria gyártása 1970-ben kezdődött meg. A csapatok 1971-ben kapták meg az első példányokat. A gyártás egészen 1992-ig folytatódott, mely idő alatt 5200 db készült belőle. Ezek több mint a felét a volt Szovjetunióban és tagállamaiban állítottak hadrendbe. A többi eszközt számos országba, többek között hazánkba exportálták. [57][S.8.]

A Mi-24 első repülése után 10 évvel az akkori Szovjetunió beveti csapatait Afganisztánban, és kezdetét veszi a többéves háború. A harcok során valamivel több, mint 400 szovjet helikoptert alkalmaztak, melyek személyzetei éves váltásos rendszerben teljesítettek szolgálatot és kb. 300-400 bevetésen vettek részt az egy év alatt. Az Afganisztánba való áttelepülés előtt hasonló hegyvidéki kiképzést hajtottak végre, ahol nagy hangsúly fektettek a hajózóállomány harci körülményekre történő felkészítésére. (Erre azért volt szükség, mert nem rendelkeztek kellő tapasztalattal a háborús feladatok végrehajtásával kapcsolatban.) Heti 4 repülési napot terveztek, gyakorolták a földközeli- és kis magasságon történő repülést, valamint felkészültek a hegyek közötti repülésre, a lövészetre, rakétaindításra és a bombavetésre. A kis és földközeli repülési magasságra és a hegyek feletti repülé-

⁶ A szerző fordítása.

sekre vonatkozó összes békeidős korlátozást feloldották, életbe léptették a valós, háborús tevékenységi rendet. [56][S.8.]



12. ábra Mi-8 [70]

Az afgán ellenzék erősödő légvédelme a szovjet repülőcsapatoknak jelentős veszteségeket okozott. Legnagyobb veszteségük a Mi-8 (12. ábra) szállító helikopterekkel és a Mi-24 különböző változataival (13. ábra) felszerelt alakulatoknak volt, melyek mintegy 335-340 db-ot veszítettek, ennek kb. 65-70%-a harci, 30-35% nem harci veszteség volt. Afganisztánban 1988-ban 2273 bevetésre jutott egy teljesen megsemmisült szovjet helikopter. [56]



13. ábra Mi-24VP [71]

A legnagyobb gondot, mind a Mi-8, mind a Mi-24 típusoknak a hátsó légtér védelme jelentette. A háború első időszakában a vadászbombázó- és csatarepülő erők részére végezték a célmegjelölést, amit később – a veszteségeik miatt – az ERIP⁷-ek vették át. A célterület körzetébe elsőként egy célmegjelölő Mi-24 géppár és egy kutató-mentő Mi-8 géppár repült ki, és a vadászbombázó-köteték beérkezése előtt 5 perccel megkezdték az őrzáratozást. A csapásmérők beérkezésekor a vezér parancsára a Mi-24-ek OFAB-50⁸, vagy OFAB-75 vagy SzAB-100⁹ bombákkal, ese-

⁷ ERIP – Előretolt Repülésirányító Pont

⁸ OFAB-50: repesz-romboló légibomba, orosz elnevezése (rövidítés). Az 50 a bomba kalibere.

tenként Sz-5 nemirányítható rakétákkal megkezdték a célmegjelölést. Amennyiben ez pontatlan volt, akkor a helikoptervezetők rádióon közölték a célok pontos koordinátáit a csapásmérők számára. [56][58][59]



14. ábra AH-64D Longbow Apache [62]

A harci helikopterek fejlődését sok tekintetben meghatározta az 1983-ban megjelent AH-64A „Apache” (14. ábra). Ezt a helikoptert a korábbi harci tapasztalatok alapján tervezték, figyelembe véve mindazt, amit az indokínai hadszíntéren tapasztaltak. Elemzők szerint az „Apache” harci potenciálja a „Cobra”-hoz viszonyítva a csapatok légi támogatásakor „1,8”, a harckocsik elleni harcban pedig „3” egységet képez¹⁰. [56][63][S.10.][S.11.]

A megszerzett tapasztalatokat gyarapították az utóbbi években és évtizedekben lezajlott háborúk és konfliktusok is. Mindkét Öböl-háborúban a korszerű harci helikopterek tevékenykedtek, szoros és hatékony együttműködésben csatarepülőökkel. A harci repülőgépek ilyen nagymértékű szerepvállalása a harckocsik elleni harcban azzal magyarázható, hogy a korszerű földi-légi támadó hadműveletben az ellenséges csapatokat hadműveleti felépítésük teljes mélységében egyidejűleg pusztítják még olyan mélységben is, ahová a helikopterek harcászati hatósugara már nem terjed ki. A harci helikopterek az Öböl-háborúban nemcsak a harckocsikra, hanem más objektumokra is mértek csapásokat. Többek között Irak több száz kilométeres mélységében lévő kulcsfontosságú radarállomásaira, melynek eredményeként azonnal megindulhatott a szövetséges légierő támadása a kijelölt célpontok ellen. Nagyszámú bevetésüknek eredményeként indokoltan feltételezhető, hogy az ellenséges vadászipülőökkel és harci helikopterekkel való megütközé-

⁹ SzAB-100: világító légibomba, orosz elnevezése (rövidítés). A 100 a bomba kalibere.

¹⁰ A viszonyítási alapnak (egy egységnek) ebben az esetben a „COBRA”-t tekintjük, majd a gyakorlati tapasztalatokat elemezve, kiszámítjuk, hogy az APACHE hány egységet képvisel a „COBRA”-hoz képest. Ez egy gyakorlatban is sokat használt összehasonlítási módszer, nem csak helikopterek, hanem más harceszközök pl. harckocsik esetében is.

sük – azaz védelmi és támadó légi harcaik¹¹ – mind valószínűbbek lehetnek. Feltehetjük a kérdést – képesek-e a harci helikopterek légi harcot vívni? [56]

Választ keresve a kérdésre, az amerikaiak 1968-ban kísérleti légiharc gyakorlatot hajtottak végre, melyben egy AH-1G „Cobra”, egy F-4 „Fantom” és egy F-8 „Cruseider” vett részt. Mindkét légi harc a „Cobra” győzelmével végződött. Egy másik gyakorlaton a harci helikopter „Sidewinder” rakétával lelőtt egy 800 km/h sebességgel repülő célgépet. Találunk példát valós harci helyzetben történő légiharcra is, amikor egy Mi-24P helikopter lelőtt egy „Fantom”-ot az irak-iráni háborúban. A fentiek jó példák arra, hogy a harci helikopterek képesek felvenni a harcot a támadó légi ellenséggel, ennek érdekében nem feltétlenül szükséges speciális vadászhelikoptereket építeni, csak a meglévők fegyverzetét kiegészíteni korszerű légiharc rakétákkal. [56]

„A fenti példákból is kitűnik, hogy a harci helikopter (támadó helikopter); „egy gyorsjáratú, jó manőverező képességű, sokoldalúan alkalmazható, nagy pusztító erővel rendelkező, fegyverhordozó (páncéltörő) eszköz” vagyis „légi tűzéréség” nem egy önmagáért való dolog és nem is egy légi bemutatón látványos műrepülő figurákat bemutató repülőszerkezet, amellyel berepülő és speciális kiképzést kapott hajózők vilognak.”¹² [8]

A fenti idézetből és a háborúkban kialakult tapasztalatokból is kitűnik, hogy a harci helikopter egy speciálisnak nevezhető helikopter. Ennek megfelelően az én nézeteim szerint a harci helikoptert a következőképpen definiálhatjuk:

Harci helikopter: egy aerodinamikus, forgószárnyas, jól manőverező repülőeszköz, melyet irányítható és nemirányítható rakétákkal, az ellenség páncélos kötelékeinek megbontására hoztak létre. Fejlődésével feladatai kibővültek a fegyvertelen szállító, kutató-mentő helikopterek kísérésével, az ellenség szárazföldi csapatainak, légvédelmének közvetlen támadásával, mélységben is, valamint légiharc megvívásával elsősorban alacsony sebességű légi célok pl. helikopterek, de esetenként vadászrepülőök ellen is. Mindezen feladatok végrehajtásához megfelelő tűz-, rakéta és bombázófegyverrel, aktív és passzív védelemmel, páncélzattal, valamint magas fokú túlélési tartalékkal rendelkezik. Az első harci helikopter a 60-as évben megjelent amerikai AH-1 „Cobra” volt, amit rövid időn belül a Mi-24A követett.

1.3. KÖVETKEZTETÉSEK

A leírtak alapján megállapíthatjuk, hogy a forgószárnyas repülő eszközök fejlődésének története közel egyidős a merevszárnyú repüléssel, mert első repülőképes példányaik már a kezdet kezdetén megjelentek és meghatározták a további fejlődésüket.

¹¹ Légiharc: levegőben folytatott, egyes repülőgépek (helikopterek), kötelékek (alegységek, egységek) tűzzel és manőverrel összekapcsolt harctevékenység az ellenséges légi cél megsemmisítése v. támadásának visszaverése céljából. A légiharc a vadászrepülőök rendeltetészerű, a vadászbombázó- és csatarepülőök, valamint harci helikopterek esetenkénti harci alkalmazási formája. [6]

¹² Juhász János alezredes, az MH 87 Bakony Helikopter Ezred Hadműveleti és Kiképzési osztályvezető 2000 [8]

dést. Nagymértékű elterjedésüket bonyolultabb és ezért drágább szerkezetük nehezítette, de az idők során elismerést vívtak ki maguknak mind a katonai, mind pedig a polgári repülésben.

Mindezeket figyelembe véve az autogirok és helikopterek második világháborús szerepléséről a következő megállapításokat tehetjük:

- az autogirok és helikopterek katonai alkalmazása – korlátozott mennyiségben és feladatokkal – a hadviselő felek, haderőiben már a második világháborúban sor került;
- kialakultak a helikopterek katonai alkalmazásának klasszikus, és máig is meglévő, feladatrendszere: a légi futárszolgálat, a személyi állomány és anyagok légi szállítása, a harcmező megfigyelése és a légi felderítés, a kutatás és mentés, a tengeralattjárók elleni harc (felderítés, csapásmérés – mélységi vízbombák alkalmazása, csapásmérő repülőgépek célra vezetése);
- a háborús tapasztalatok és a technikai fejlődés miatt az autogirok fejlesztése abbamaradt és a figyelem mind polgári, mind katonai vonatkozásban a helikopterek fejlesztésére összpontosult.

A helikopter a fegyveres harc új minőségi eszközévé vált. A második világháború befejezésétől napjainkig terjedő időszak a helikopterek és a katonai helikoptererők széles körű fejlesztésének és alkalmazásának időszaka. A hidegháború éveiben, egyes teoretikusok úgy gondolták, hogy a helikopter a harmadik világháború fegyvere lesz. Ez természetesen túlzás, de kifejezi azt a tényt, hogy a fegyveres küzdelem egy minőségileg új eszközéről van szó, melynek alkalmazása nélkül elképzelhetetlen bármilyen harctevékenység. A helikopter megjelenésével megingatta az összefegyvernemi harccal, a csapatok mobilitásával és légi támogatásával kapcsolatos korábbi teóriákat is. [38][56]

A második világháború utáni – a helyi háborúk – időszaka nagyon sok tapasztalathoz jutatta a fegyvertervezőket. Ezeket feldolgozva és átültetve a gyakorlatba, születtek meg a korszerű harci- és szállító helikopterek, melyek harcászati-technikai jellemzői, lehetővé teszik a szárazföldi csapatok hatékony támogatását kiegészítve azzal, hogy a korábbi háborúk tapasztalataiból kiindulva optimális harcászati eljárásokat alkalmaznak, melyek a következők:

- repülés a cél körzetébe az ún. biztonsági folyosóban, azaz 15 m repülési magasság alatt;
- a terepdomborzat és a különböző építmények kihasználása az álcázásra és az ellenséges tűz elleni védelemre;
- a rakéták indítása 30-100 m magasságra való emelkedés utáni kiegészítő manőverrel;
- gyors elrepülés a legközelebbi fedezék mögé oldal- vagy hátsó irányba, hogy a lehető legkisebb felületet nyújtsa a légvédelmi tűznek. [56]

2. HARCIL HELIKOPTEREK MODERNIZÁCIÓJA

A háborúk kezdete óta döntő jelentőségű harci feladat az ellenség szárazföldi ereje, zárt kötelékeinek megbontása. Többek között erre a feladatra születtek a harci helikopterek, mivel mozgékonyaságuknak köszönhetően csapásmérő erejüket a talajviszonyoktól függetlenül, de kihasználva a tereptárgyak adta lehetőségeket fejthetik ki. A háborúk tapasztalatai alapján a harckocsik elleni küzdelemben 10-20-szor hatékonyabbak, mint ugyanezt a feladatot ellátó harckocsik.

2.1. A KORSZERŰ HARCIL HELIKOPTEREKKEL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

Figyelembe véve az esetleges üzemidő hosszabbításokat is, a honvédségben rendszeresített harci helikopterek üzemideje a következő néhány évben lejár. (1. táblázat) A harci helikopterek kivonása a rendszerből, nagyon nagy hiba lenne. Egy szóba jöhető beszerzés, vagy a meglévő eszközeink felújítás érdekében már most el kell kezdeni az előkészítő munkát. A környező országok haderő fejlesztési programjait megvizsgálva, mindenütt a harci helikopterek modernizációja van napirenden. Éppen ezért nekünk is modernizációban szabad gondolkodnunk, nem pedig a kivonáson. Modernizáció alatt nem csak a jelenleg rendszerben lévő harci helikoptereink korszerűsítését és/vagy feljavítását – egy magasabb képességű típusváltozatra –, hanem új eszközök beszerzését is értem. Természetesen a hiányzó eszközök pótlására a vásárlás mellett meg kell vizsgálni a lízingelés, bérlet lehetőségét is.

Rendszerben lévő eszközök	Me.	Naptári üzemidő lejár
Mi-24D	3	2010:1, 2011:2
Mi-24V	7	2011: 2, 2010: 3, 2009: 2
Mi-24P	2	2012

1. táblázat A MH-ben rendszerben lévő helikopterek naptári üzemideje [5][153]

Felmerül a kérdés, – ha a jelenlegi helikopter állomány mellé (vagy helyett) beszerzésre kerül valamilyen más típus, vagy a jelenlegi korszerűsítésével egy modernizált változat, akkor milyen szempontok figyelembevételével történjen a kiválasztás. Ennek érdekében a harci helikopterekkel szemben támasztott követelményeket veszem számba, majd pedig a jelenleg beszerezhető, vagy beszerezni érdemes helikoptereket értékelem.

A háborúk és fegyveres konfliktusok olyan tapasztalatokhoz juttatják a fegyver gyártókat, amelyekhez modellezett körülmények között egyáltalán nem, vagy csak nagyon nehezen juthatnak hozzá. A harci helikopterek fejlesztése, a XX. század második felére tehető. A koreai és vietnámi háborúban szerzett tapasztalatok alapján kialakult egy egységesnek tekinthető követelményrendszer a harci helikopterekkel szemben. [1][S.7.]

Ennek megfelelően a korszerű harci helikopterekkel szemben támasztott követelmények:

- manőver képesség – beleértve a légi harc megvívásának képességét, nem csak harci helikopterrel, szükség esetén merevszárnyú harci repülővel szemben is;

- jól variálható, különböző feladatok végrehajtására alkalmas függeszthető fegyverzet alkalmazásának lehetősége;
- korszerű avionikai jellemzők (navigációs, célzó-navigációs, kommunikációs stb.);
 - komplex önvédelmi tulajdonságok;
 - passzív páncél védelem;
 - lopakodó tulajdonságok;
 - speciális festés;
 - speciális kialakítás;
 - rejtett fegyvertér;
 - behúzható futómű¹³;
 - aktív védelem;
 - infracsapda kivető;
 - besugárzásjelző;
 - rádiólokátor zavaró berendezés.

A felsorolt konstrukciós tulajdonságok önmagukban, vagy akár egy komplex rendszert alkotva még nem elegendők ahhoz, hogy egy harci helikopter maradéktalanul megfeleljen a legmagasabb követelményeknek. Ehhez az is elengedhetetlen, hogy a beépített aktív és passzív védelme, a fegyverzete és minden egyéb rendszerre megbízhatóan szolgálja azt a feladatot, amire a harci helikoptert tervezték. Hiába rendelkezik egy helikopter a legkorszerűbb, nagy pontosságú fegyverekkel, ha egyéb rendszerei, berendezései, vagy szerkezeti kialakítása pl. a forgószárnyak lövésállósága, vagy a berendezések páncélvédelme stb. nem teszik lehetővé, hogy huzamosabb ideig a levegőben maradjon.

A fentebb megfogalmazottaknak megfelelően felírhatjuk a harci helikopter általános **hatékonysági kritériumát** [23]:

$$W = \prod_{i=1}^n P_i \quad (2.1)$$

ahol W – a harci helikopter hatékonysági mutatója;
 P_i – elemi feltételes valószínűségek, melyek az egyes berendezések, rendszerek megbízhatóságát, a feladat végrehajtásának, a cél felderítésének stb. valószínűségét jellemzik.

Ha a fenti összefüggésben szereplő elemi feltételes valószínűség (P_i) helyére, az eredményes feladat végrehajtás szempontjából legfontosabb mutatókat helyettesítjük be, akkor a következő összefüggést kapjuk:

$$W = P_m \cdot P_t \cdot P_{mb} \quad (2.2)$$

ahol P_m – csapásmérő képesség (az ellenséges cél megsemmisítésének valószínűsége);
 P_t – a túlélőképesség (az eredményes önvédelem valószínűsége);
 P_{mb} – a műszaki megbízhatóság (a hibamentes működés valószínűsége).

¹³ A vietnámi háború tapasztalatai alapján a behúzható futómű jelent meg követelményként. Ma többnyire rögzített futóművet alkalmaznak a legtöbb harci helikopteren, bár itt is található kivétel, mert az LHX programban behúzható futóművel tervezték a RAH-66-ost. (A szerző megjegyzése.)

A **csapásmérő képesség**, függ a cél felderítés, a felszíni célok leküzdésének és az ellenséges helikopterekkel vívott légi harc sikeres megvívásának valószínűségétől, valamint a fedélzeti fegyverek harcászati-technikai jellemzőitől, illetve a fegyvervezérlő rendszer hatékonyságától.

A **túlélőképesség**, (az eredményes önvédelem valószínűsége) függ a passzív és aktív önvédelmi rendszerek hatékonyságától, a lopakodó (stealth) jellemzőktől és a repüléstechnikai, harcászati eljárásoktól.

A **műszaki megbízhatóság** függ az üzemeltethetőségtől, (tábori körülmények között is) a technológizáltságtól, a diagnosztizálhatóságtól, a javíthatóságtól, a javításközi üzemidőtől, a két meghibásodás közötti repült időtől. [14]

Természetesen a felsorolt három valószínűségi értéket még tovább lehet bontani, de ez nem befolyásolja azt, hogy a harci helikopter hatékonysági mutatója egyenes arányban van a műszaki megbízhatóság, a túlélés és a cél megsemmisítésének valószínűségével. Bármelyik jellemző kiemelésével és jelentős ráfordítással történő érték-növelése esetén sem fog a teljes hatékonysági mutató olyan mértékben emelkedni, hogy az meghatározó legyen. Ennél lényegesebb mindhárom kellően magas szintre emelése. Dolgozatomban a három közül csak a csapásmérő képességgel foglalkozom.

A felsoroltak közül számos tulajdonsággal a többfeladatú helikopterek is rendelkezhetnek, pl. Mi-172, MD-500/530, BO-105/108, SA-542M/L. Az aktív és passzív védelmi tulajdonságokkal viszont csak a kimondottan harci feladat végrehajtására tervezett és épített harci helikopterek pl. Mi-24, Mi-28, A-129, AH-64, Ka-50, PAH-2, AH-2 stb. A komplex önvédelmi tulajdonságokra a 70-es években vívott helyi háborúk tapasztalatai hívták fel a figyelmet. A korábbi felsorolásnak is megfelelően, megszületett egy általános követelmény együttes, amely az ezredforduló környékén hadrendbe állított és utána hadrendbe állítandó helikopterekre lesz jellemző. Ez alól hazánk sem lehet kivétel, nem követhetünk el olyan beszerzési hibát, amely hosszú évekre meghatározza a harci helikopterek alkalmazhatóságának indokolatlan korlátait. Ezt támasztják alá az ország katonaföldrajzi adottságai is. Nagy, összefüggő területek válhatnak hadszínterré, ahol a domborzat vagy a sűrűn elhelyezkedő fák, tereptárgyak nem teszik lehetővé a harci helikopterek rejtőzködését. A csatarepülő, támogató repülőgépek hiányában a harci helikoptereinknek ezeket a funkciókat is el kell látniuk, amire csak kiváló manőverező képességgel rendelkező, akár légi harc megvívására is alkalmas típusok jöhetnek számításba. [1][10]

A 90-es években a hadrendbe állítandó harci helikopterek létrehozására a legátfogóbb és legrészletesebb kutatásokat az 1983-ban létrehozott LHX¹⁴ program keretében az Egyesült Államokban végezték. A programban valamennyi amerikai harci helikopter gyártó cég részt vett. Az Eurocopter és az „Agusta” fejlesztésénél is az LHX eredményeit használták fel, melyet nem túl nehéz felfedezni az orosz Mi-28

¹⁴ LHX – Light Helicopter Experimental – könnyű, kísérleti helikopter [89]

helikopter esetében sem, sőt a Kamov Ka-50 helikopter esetében is megtalálhatjuk azokat az ismérveket, amelyeket a program felsorol.

Amennyiben az amerikai és az orosz kutatási eredményeket és fejlesztési irányokat megvizsgáljuk, arra a következtetésre juthatunk, hogy az ezredforduló után hadrendbe állítandó harci helikoptereknek a következő pontokban felsorolt tulajdonságokkal kell rendelkeznie. [1][2][65][66][67][68][81][89][S.5.][S.7.][S.9.][S.10.]

2.1.1. Manőver tulajdonságok

Földközeli repülés során:

- $v_{y,max} \approx 10$ m/s sebességű emelkedő képességgel;
- $v_{ut} = 260-280$ km/h utazó sebességgel;
- $v_{max} = 300-310$ km/h maximális sebességgel;
- $v_{h,max} = 40-60$ km/h sebességgel hátra;
- $v_{o,max} = 30-50$ km/h sebességgel oldalra kell rendelkeznie.

Az elérhető legnagyobb magasság 4500-6000 m körül legyen, bár ennek a hazai domborzati viszonyok között nincs akkora jelentősége, de ha a NATO tagságunkból eredő kötelezettségeinknek is eleget kívánunk tenni, nem szabad figyelmen kívül hagyni. A helikopter legyen alkalmas valamennyi műrepülő elem végrehajtására $n_y = (+3) - (-0,5)$ túlterhelési tartományban, valamint intenzív pedálfordulókra. A hatótávolság, normál üzemanyag feltöltéssel érje el az 700-800 km-t, póttartály (póttartályok) alkalmazásával 1200-1500 km-t, 2,5-3,5 óra repülési idővel. A légi utántöltettség kívánatos, de általános követelményként még nem jelenik meg. [1][89]

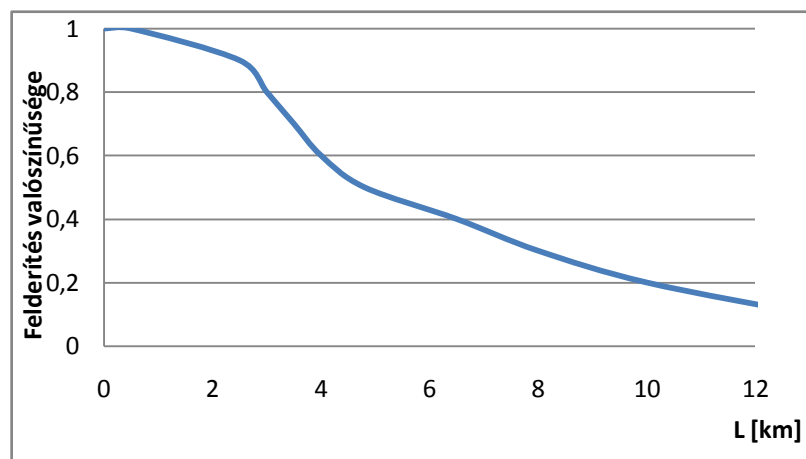
2.1.2. Fegyverzeti jellemzők

A helikopternek állandó, lőtoronyba beépített gépágyúval kell rendelkeznie. A géppuska alkalmazása a mai korszerű páncélozott eszközök ellen nem elég hatékony¹⁵. A lőtorony elfordulása vízszintesen érje el a $\pm 90^\circ$, függőlegesen -10° és $+40^\circ$ között legyen. A gépágyú lőszer-javadalmazása minimálisan 500 db, de kívánatosabb az 1000 db, géppuska esetében ez a mennyiség megkétszerezhető. [1]

Felszíni célok ellen alkalmazható nemirányítható rakétafegyverzet esetében a viszonylag nagyobb mennyiségben, úgynevezett zárótűz létrehozására, 70-80 mm űrméretű rakéták szükségesek. Ezeket rendszerint 20-30 csövű blokkokból lehet indítani. Mivel a Magyar Honvédségben kimondottan tűztámogató feladatok végrehajtására alkalmazható merevszárnyú repülőgépek nincsenek rendszeresítve, ezért lehetőség szerint a harci helikoptereknek ezt a feladatot is el kell látniuk, így a nemirányítható rakéta fegyverzettel szemben támasztott követelményeket ki kell bővíteni a nagyobb űrméretű pl. 100, 130, 240 mm-es, különböző rendeltetésű harci résszel ellátott rakéták alkalmazhatóságával.

¹⁵ A hazai és a nemzetközi szakirodalomban – repülőfedélzeti lőfegyverek esetében – 20 mm űrméretig beszélünk géppuskáról, fölötte pedig gépágyúról. A 20 mm-es fegyvert már gépágyúnak tekintjük. (A szerző megjegyzése.)

Az irányítható rakétafegyverzetnek alkalmasnak kell lennie mind felszíni, mind légi célok elleni rakéták harci alkalmazására. Felszíni célok támadására lehetőség szerint különböző módon rávezethető (passzív infravörös, félaktív lézer, félaktív rádió és aktív önirányítású) rakéták alkalmazása a célszerű. Ez azért lényeges, mert a feladat és az adott harci körülmények függvényében, lehetőség legyen a legmegfelelőbb eszköz kiválasztására. Pl. álcázó füst alkalmazása során a félaktív rádió vagy az aktív rádió önirányítású rakéta a legmegfelelőbb a cél megsemmisítésére, de szélessávú, aktív rádiózavar esetén viszont nem használható. Irányítható rakétafegyverzettel kapcsolatban mindenképpen szükségesnek tartom a légiharcban bevethető eszközök alkalmazhatóságát. Ebben az esetben csak a „Tüzelj és felejtsd el!” elven működő eszközök jöhetnek számításba. Ez lényeges tulajdonság, mert az ellenséges helikopterek észlelési és azonosítási ideje kb. 5-6 másodperc 6 km-en [1] (15. ábra). Egy közel légiharc rakéta repülési ideje ezen a távolságon 6-12 másodperc, ami azt jelenti, hogy félaktív rávezetés esetén a hordozó/indító helikopter felderítési valószínűsége közelít az egyhez, a megsemmisítési valószínűsége pedig az ellene alkalmazott eszköz megsemmisítési valószínűségéhez. [1]



15. ábra A vizuális felderítés valószínűsége a távolság függvényében [1][152]

A korábban már említett – merevszárnyú tűztámogató repülőgépek hiánya miatt – nem hátrány, ha a beszerzésre kerülő eszköz nagyobb indítási távolságú, nagyobb megsemmisítő képességű irányítható rakéták indítására is alkalmas.

Szükséges, hogy a helikopter fedélzeti célzó-navigációs komplexuma, minden időjárási körülmények között és minden napszakban biztosítsa a helikopter bevethetőségét és a fedélzeti fegyverek alkalmazhatóságát. Ehhez elengedhetetlen egy milliméteres hullámsávban működő rádiólokátor, természetesen térképező üzemmóddal, egy infravörös tartományban működő passzív érzékelő – hőpelengátor, és/vagy hőképképező kamera – és egy lézer távolságmérő-célmegjelölő. A látható EMH¹⁶ tartományában működő tv kamera megléte nem szükségszerű. Az optikai rendszerek elhelyezése legcélszerűbb a fülketetűn, vagy legjobb esetben a forgó-

¹⁶ EMH – elektromágneses hullám

szárny fölött, mert így a helikopter takarásból is képes felderítést és rávezetést végrehajtani. Mindenképpen figyelmet kell fordítani annak lehetőségére, hogy a helikopter képes legyen együttműködésre a kötelékben lévő más helikopterekkel. Ez azt jelenti, hogy a hatékony célelosztás, illetve a félaktív rakéták alkalmazása, a kölcsönös célmegjelölés érdekében, a kötelék helikopterei egy automatikus rádió csatornán keresztül kommunikáljanak egymással. Azt a lehetőséget sem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy harci helikopter rajonként egy, úgynevezett légi vezetési pont rendszeresítése, jelentősen megnövelheti a helikopterek hatékonyságát. Nem tartozik szorosan a harci helikopterek modernizációjához, de arra is van lehetőség, hogy a szárazföldi támogatott alakulatok kötelékébe tartozó kézi, vagy más eszközön található pl. lézer megvilágító berendezés segítségével történjen a cél megjelölése. Természetesen ez csak abban az esetben lehetséges, ha az eszközök kompatibilitása biztosított. A fentebb már említett tények miatt hasznos, ha a helikopter alkalmas bombavetésre. [1]

2.1.3. Passzív és aktív önvédelem

A harci helikopterek repülésüket a harctevékenység során kis magasságon, a feladat függvényében, általában a lehető legnagyobb sebességgel hajtják végre. Erre több okból van szükség. Egyrészt: minél nagyobb a helikopter vízszintes sebessége, annál pontosabban lehet alkalmazni a nemirányítható fegyvereket, mivel nem hat rájuk olyan mértékben a helikopter vibrációja. Másrészt: a helikopter felderíthetősége annál kisebb minél kisebb magasságon és minél nagyobb sebességgel repül. A rádiólokátorok a föld közelében repülő helikoptert nehezebben tudják felderíteni, illetve a sebességből következik, hogy a domborzat takarásából hirtelen felbukkanó helikopter, ugyanolyan gyorsan el is tűnik a domborzati viszonyok miatt, így az ellenség légvédelmi eszközeinek a lehető legkisebb a ráhatása az eszközre. [1]

A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy 2-3 km az a távolság, amelyen a helikopter felderíthetőségi valószínűsége kellően alacsony, viszont a fedélzeti nemirányítható fegyverek, illetve gépágyú hatékonyan 1,5-2 km távolságból alkalmazhatók. Ezért nagyon lényeges az irányítható fegyverek megléte, mert azok indítási távolsága akár a 6-7 km-t is elérheti. A helikopter vizuális-, akusztikai-, infravörös- és rádióhullám tartományokban lehet felderíteni. Éppen ezért egy korszerű harci helikopter kialakításában mindenképpen törekedni kell a felderíthetőség csökkentésére, valamint az úgynevezett lopakodó tulajdonságok növelésére. Ezt a következő kialakításokkal, szerkezeti megoldásokkal lehet megvalósítani, így csökkentve a helikopter észlelhetőségét:

- a hajtóművek kiáramló gázainak visszahűtése a környező levegőhöz közeleire, ezzel csökkentve a helikopter infravörös kisugárzását, ami nagymértékben befolyásolja a felderítési távolságot; [1]
- a helikopter sárkányszerkezete úgynevezett lopakodó (stealth) eljárásoknak megfelelően készüljön, tartalmazzon sok kompozit anyagot, illetve rádióhullámokat elnyelő (abszorbens) v. szétszóró bevonattal, speciális festéssel rendelkezzen. A hajtómű szívócsatorna kialakítás feleljen meg a lopakodó tech-

nológiának, a forgószárny kompozitból készüljön, a forgószárnyagy speciális bevonattal rendelkezzen. Az elektromos berendezések elektromágneses ki-sugárzását minimálisra kell csökkenteni;

- akusztikai felderíthetőség csökkentése érdekében nagyobb lapátszámú és alacsony fordulatszámú forgószárny, a faroklégcsavar esetében is a nagyobb lapátszámú – gyakorta 4 lapátos, X elrendezésű –, vagy „fenestron¹⁷” kialakítás alkalmazása a legpraktikusabb; (A NOTAR¹⁸ ebben az esetben a működéséből következően nem jöhet szóba, mert lövedék találat esetén jelentősen csökkenhet a határfoka, ami akár az irányíthatóság elvesztéséhez is vezethet.)
- a célzó-navigációs és a hírközlő berendezések csak a szükséges időtartamra és energiával bocsássanak ki elektromágneses hullámokat;
- vizuális felderíthetőség csökkentésére a földrajzi területnek, illetve az évszaknak megfelelő álcázó festés alkalmazása a legcélravezetőbb, valamint a pilótafülke üvegezésének, minimális fényvisszaverő képességűnek és matt színezésűnek kell lennie; a gép sziluettje a legkisebb geometriai méretű és kevésbé éles kontúrú legyen.

A helikopter túlélőképessége – itt elsősorban a harci túlélőképességet értem – legfőképpen a teljes repülőszerkezet, elsősorban a sárkányszerkezet kialakításától függ. Ehhez elengedhetetlenül szükséges a létfontosságú elemek megkettőzése esetleg árnyékolása, valamint a hatékony páncélvédelem. A helikopter berendezéseinek elhelyezését úgy kell megválasztani, hogy a létfontosságú avionikai berendezések, a berendezés tér (terek) belső részére kerüljenek és eléjük egy kevésbé fontos, vagy dublított berendezés kerüljön, így biztosítva az előbbi hathatósabb védelmét. Erre mindenképpen szükség van, mert tömeg és hatékonysági okok miatt nincsen lehetőség a teljes helikopter páncélvédelmére. Viszont azokon a területeken ahol a páncélvédelem biztosított, a védelem szintjének meg kell felelni a következő általános elvárásoknak: [1][2]

- a védett zónákban a páncélnak el kell viselnie a 23 mm-es gépágyú lövedékek közvetlen találatát;
- a pilótafülke páncélüvegezése el kell, hogy viselje a kézi lőfegyverek, maximum 12,7 – 14,5 mm-es lövedékeinek közvetlen becsapódását, valamint a 23 mm-es gépágyú lövedék repesztalálatait;
- a hajtóművek elhelyezése (kölcsonös helyzete) olyan legyen, hogy egyetlen találattal ne lehessen üzemképtelenné tenni mindkettőt;
- a forgószárny lapátok szintén nagy lövésállóságúak legyenek, aminek a szálerősítésű, kompozit anyagok felelnek meg a legjobban.¹⁹

A mai korszerű helikopterek – itt nem csak a harci helikoptereket értem – aktív és passzív önvédelme biztosítja az avionikai eszközök, elsősorban a kommunikációs

¹⁷ fenestron: a latin fenestra ablak szóból ered. Egy csőlégcsavarként kialakított faroklégcsavar. [92]

¹⁸ NOTAR: mozaikszó a NO TAIL Rotor angol szavak kezdőbetűiből, jelentése faroklégcsavar nélküli.

¹⁹ A kompozit anyagból készült forgószárny a rádióhullámok visszaverődése szempontjából is előnyös, csökkenti az effektív visszaverő felületét a helikoptereknek.

és a célzó-navigációs komplexumba tartozó eszközök zavarvédetségét. Ehhez elengedhetetlenül szükségesek a különböző besugárzásjelző berendezések, melyek közül a korszerűbbek az ellenség eszközei által kisugárzott EMH hullámhosszától és jellegétől függően figyelmeztethetik a helikoptervezetőt az eszköz veszélyességi szintjére. Például: lokátor felderítő üzemmódban kevésbé veszélyes szintet jelent, mint ugyanez a lokátor célkövetési, vagy rakéta rávezetési üzemmódban. Szükség esetén legyen lehetőség valamilyen ellentevékenységre végrehajtására pl.: infracsapda, vagy dipólkivetésére. [1][2][89]

A túlélőképességhez hozzátartozik a tűz és robbanás megelőzése is. A helikopternek rendelkeznie kell hajtóműtérbe beépített, automatikusan működő tűzoltóberendezéssel. Célszerű, ha a robbanás elkerülése érdekében az üzemanyag tartályok túlnyomásos rendszere semleges gáz befúvással működik, illetve a tartályok valamilyen rugalmas, esetleg „önforrasztó” anyagból készülnek, melyek találat esetén minimálisra csökkentik az üzemanyag elfolyást.

[1][2][65][66][67][68][81][S.9.][S.10.]










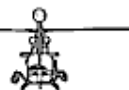


A helikopternek mind a hajtóművét, mind pedig az avionikai berendezéseit konstrukciósan fel kell készíteni különböző földrajzi helyeken, bármilyen időjárási viszonyok között történő üzemeltetésre. Ennek megfelelően a hajtóműve rendelkezzen por elleni védelemmel, illetve hatékony hűtőrendszerrel, valamint az egyik hajtómű üzemképtelenné válása esetén legyen képes folytatni a repülést és biztonságban leszállni. Ebből következik, hogy repülésbiztonsági szempontból mindenképpen a kéthajtóműves változatot kell előnyben részesíteni. Mind a helikopter, mind pedig a személyzet túlélőképessége érdekében fontos, hogy a helikopter fülkéje hermetizált legyen az ABV²⁰ fegyverek elleni védelem érdekében, ami természetesen együtt jár a túlnyomásos fülke kialakításával, klimatizálásával, ami a személyzet komfortérzetét növeli és így nagymértékben befolyásolja a harci feladat végrehajtásának minőségét.

A harci helikopter passzív védelméhez hozzátartozik kényszerleszállás elviselése is. Bár sok esetben nem beszélhetünk leszállásról, inkább a becsapódás következményeinek csökkentéséről. Konstrukciósan a helikopter futóműve olyan kialakítású legyen, hogy 5-6 m/s sebességű becsapódást még roncsolódás nélkül viseljen el. Erre legjobban a hosszúlökötű, karos, nem behúzható futómű felel meg. A futómű speciális kialakítása mellett lényeges még a személyzet részére speciális energiaelnyelő ülések kialakítása, valamint a fülke alsó részének energiaelnyelő zónákkal történő ellátása. Az eddig felsoroltak alapján a helikopter 12 m/s-os sebességig történő becsapódása esetén biztosítva legyen a személyzet túlélése. [1][2][89][S.8.]

A harci helikopterek túlélőképességét nem csak az a passzív védelem befolyásolja, amelyik a már felderített helikoptert megvédi a találatok esetén, illetve a már találatot kapott helikopter esetében biztosítja a személyzet túlélését, hanem a helikop-

²⁰ ABV – atom-, biológia- és vegyi fegyverek

ter olyan speciális kialakítása, amely csökkenti a felderítés lehetőségét. Ezt befolyásolja a helikopter geometriai mérete és egyéb konstrukciós kialakítása is. A 16. ábrán látható, hogy különböző felderítő eszközökkel, beleértve az emberi érzékszerveket is, milyen felderíthetőségi lehetőségei vannak bizonyos típusú helikoptereknek. Az ábra a RAH-66 „Comanche” harci helikopter lehetőségeit hivatott bizonyítani. A helikopter fejlesztését törölték, még 2004 februárjában.

A felderítés típusa	OH-58D	RAH-66	AH-64
Rádió 10 GHz-es tartományban a helikopter szemből közeledik	 263X 32X	 X	 663X
Infravörös a Stinger rakéta infravörös célkoordinátorát véve alapul, a helikopter oldalnézetből, a Nap sugárzása kiküszöbölve	 1.15X	 X	 2.75X
Akusztikus mérsékelt környezeti zajjal számolva, a helikopter szemből közeledik	 1.1X	 X	 1.6X
Vizuális szabadszemmel, terep háttérrel	 1.2X	 X	 1.8X

16. ábra A RAH-66 helikopter felderíthetősége [91][151]

A 16. ábrából vizuálisan is kiderül mindaz, ami az amerikai LHX program célja volt. Egy olyan korszerű, nehezen felderíthető helikopter megalkotása, amelyik paramétereiben felülmúlja a korábbiakat és ezzel olyan potenciális előnyhöz jut, amellyel a korábbiak nem rendelkeztek. Ha a RAH-66 „Comanche” helikoptert vesszük egy egységnek és a következő feltételekkel és eszközökkel hajtjuk végre a felderítést:

- rádiólokátor: 10 GHz-es frekvencia tartományban, a helikopter szemből közeledik;
- infravörös: a Stinger rakéta infravörös célkoordinátorát véve alapul, a helikopter oldalnézeti sziluettjét vizsgálva és elhanyagolva a Nap sugárzását;
- akusztikus: mérsékelt környezeti zajjal számolva, a helikopter szemből közeledik;
- vizuális: szabad szemmel, terepháttérrel.

Az ábrán található számok önmagukért beszélnek. Más típusú helikopterekről nem találtam hasonló összehasonlítást. Ennek több oka is lehet. Egyrészt, a gyártók féltve őrzött titka, mert például nem túl jók a helikopter hasonló paramétereit. Másrészt, nem végeztek hasonló kísérleteket és így nem rendelkeznek információval. Azonban ismerve a Mi-28 és Mi-24 harci helikopterek geometriai méretét és a tervezés/gyártás során alkalmazott álcázó festéseket valószínűsítem, hogy a viszonyítási számok hasonlóak, vagy még magasabbak lennének, mint pl. az AH-64-esé. [91][94]

2.2. Mi-24VM, MINT A Mi-24 MODERNIZÁCIÓJA

2.2.1. A Mi-24 története és változatai

A Mi-24 típus igen szép karriert futott be az elmúlt közel négy évtizedben. Első repülése 1969-ben volt és egészen 1992-ig gyártották. Harcoltak vele jó néhány helyi háborúban pl. Afganisztánban, az irak-iráni háborúban, a nikaraguai polgárháborúban, Horvátországban, Koszovóban és az Öböl-háborúban.

23 év alatt következő típusváltozatokat gyártották:

- Mi-24, Mi-24A, Mi-24B az operátor és a helikopter vezető még egymás mellett foglalt helyet. Az utolsó változatán már a „Falanga” rakéta és a JakB-12,7 négy csövű „Gatling” típusú géppuska is megtalálható;
- Mi-24D Ez már a ma is ismert tandem elrendezésű kabinnal rendelkezik. Alapfegyverzete a „Falanga” irányítható, páncéltörő rakéta és a forgótornyban elhelyezett JakB-12,7 négycsövű géppuska;
- Mi-24DU a Mi-24D lőtorny 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, 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 lőtornyba egy GS-23L típusú 23 mm-es ikercsövű gépágyút kapott. Szériagyártása 1989-ben kezdődött;
- Mi-24R a Mi-24D ABV felderítő változata. A szárnyak végén az irányítható páncéltörő rakéták helyett speciális radioaktív, biológiai és vegyi felderítő konténerek kerültek felfüggesztésre. Felszerelésre került egy távirányítású markoló, amely talajminta vételére alkalmas a szennyezett területről. A személyzetet kiegészítették egy, a felderítő eszközöket kezelő operátorral és műszaki vegyi védelmi szakemberrel. Alkalmazásra került a csernobili katasztrófa után a radioaktív szennyezés mértékének meghatározására;
- Mi-24K tüzérségi felderítő és tűzkorrekciós helikopter. A teherterbe egy hosszúfókuszú automatikus, a forgó toronyba pedig egy irányítható kamerát építettek be, melyek a tüzérségi tűz megfigyelését szolgálták;
- 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 MAKSz²¹-95 kiállításon mutatkozott be.

²¹ MAKSz – МАКС Международный Авиационно-Космический Салон, Nemzetközi Repülési-űrhajózási Szalon

Illetve a fent felsorolt helikopterek export változatai:

- 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.

1995-ben az orosz csapatrepülő erők állományában kb. 1500, más országok hadse-regeiben pedig kb. 1000 db Mi-24 helikopter volt. Az orosz csapatrepülő erők 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-50-s vett részt, melyet az európai normáktól eltérő nyertes kiválasztás során, vitatott módon a Kamov nyert meg, azonban anyagi okok miatt csak keveset ren-dszeresítettek. [12][73][S.8.][S.9.][S.12.]

2.2.2. Mi-24VM – „új” típus születik

A helikopter olyan nagy változáson ment át, hogy tekinthetjük akár „új” típusnak. Az elvesztett helikopter tender után a Mil tervezőiroda a gazdasági helyzetük meg-őrzése érdekében a Mi-24 radikális korszerűsítése mellett döntött. Ez azt jelentet-te, hogy a Mi-24 felújítása során mindent, amit lehetett a Mi-28-ba tervezett ele-mekből építettek át. Így született meg a Mi-24VM.

A korszerűsítés során a fő hangsúlyt a hatékonyság növelésére helyezték. Ennek érdekében javítottak a repülési tulajdonságokon, új fegyverzetet kapott a helikop-ter, valamint minden napszakban bevethetővé tették.

A modernizációs programot öt modulra bontották, melyet úgy alakítottak ki, hogy a megrendelő bármilyen variációt összeállíthat belőlük, igénye és anyagi lehetősé-gei szerint. [12][73][S.8.][S.9.][S.12.]

2.2.2.1. Az első modul – életciklus 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 berepülik.

Ezzel a módszerrel meghosszabbítják a műszaki üzemidejét és megnövelik a be-rendezések és a teljes helikopter műszaki üzemidejét.

2.2.2.2. A második modul – a forgószárny és a faroklégcsavar modernizálása

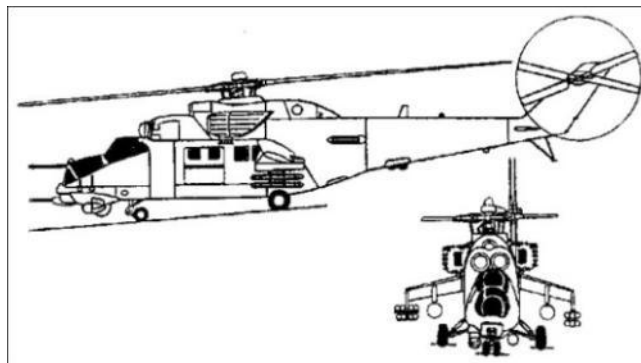
A forgószárnyak és a faroklégcsavar fém lapátjai helyett a Mi-28-as csukló nélküli, üvegszál-erősítésű műanyag lapátjait szerelték fel. A háromlapátos faroklégcsavar he-lyett az X alakú, alacsonyabb zajszintűt alkalmazták. A munkák végrehajtásával csökken a helikopter tömege 300 kg-mal és növekszik az alkalmazhatóság statikus magassága 600 m-rel, illetve ennek következtében növekszik az emelkedőképesség, javulnak az

üzemeltetési jellemzők és javul a harci túlélőképesség. [12][73][S.8.][S.9.][S.12.]

2.2.2.3. A harmadik modul – a sárkányszerkezet, fegyverzeti és a kommunikációs eszközök modernizációja.

A Mi-24 harci tapasztalatai azt mutatják, hogy harci körülmények között a repülés kis magasságon, maximális körüli sebességeken és kis magaságokon (beleértve a függést is) zajlik. Ilyen repülési feltételek mellett a helikopter sérülése esetén a helikoptervezetőnek nincsen ideje a kényszerleszállás, zuhanás előtt kibocsátani a futóművet, tehát földetéréskor jelentősen csökken az energia elnyelő zóna csillapítása. Éppen ezért ilyen körülmények között a helikoptervezetők kiengedett futóművel repülnek, ami az ilyen üzemmódokra nem méretezett futógondola záró fedeleinek esetleges leszakadása miatt lecsökkenti a maximális repülési sebességet. Ez harci körülmények között nagyon sok problémával jár [S.8.]. Éppen ezért a tervezők a felújítás során úgy döntöttek, hogy nem behúzható futóművet alkalmaznak. Ezzel egyszerűsödött a hidraulika rendszer és 120 kg-mal csökkent a helikopter tömege.

Fegyverzet felújítása során új szárnyalatti tartót alkalmaztak (BD3-57U), ami a szárnyak lerövidítésével és a több függesztési ponttal rendelkező indító berendezések alkalmazásával együtt hatékonyabb fegyverfelfüggesztést tesz lehetővé. (17. ábra) Mindezek mellett a BD3-57U szárnyalatti tartó jelentősen megkönnyítette a helikopter harci körülmények közötti üzemeltetését, a rakéták függesztését – a munkát végző műszakiak jelentős fizikai megterhelése nélkül.



17. ábra A Mi-24VM harci helikopter [73]

A korszerű elektronikai alkatrészeknek köszönhetően egyszerűsödött a rádió parancsközlő berendezés, csökkentve ezzel is a helikopter tömegét. A helikopter új fedélzeti rádiót kapott, az R-999-est, amely már nem csak a légi irányítási, hanem a szárazföldi csapatok frekvenciáin is képes forgalmazni.

A harmadik modul végrehajtásával összesen 300 kg-mal csökkent a helikopter tömege, ami magával vonta a statikus magasság növekedését további 300 m-rel. A második és harmadik modul végrehajtásával az emelkedési sebesség (v_y) 9,6 m/s-ról 12,4 m/s-ra növekedett. [12][73][S.8.][S.9.][S.12.]

2.2.2.4. A negyedik modul – a fegyverzet hatékonyságának növelése

A helikopter modernizálása során átépítették az irányítható rakéta rendszert is. A „Sturm” rakéta helyett az „Ataka” páncéltörő irányítható rakéta került a helikopterre. Maximális javadalmazása 16 db rakéta, melynek két változata alkalmazható a helikopteren:

- kumulatív: tandem elrendezésű harci résszel, mely képes dinamikus páncéllal rendelkező harcjárművek megsemmisítésére is;
- repesz-romboló: élő erő, illetve gyengén vagy nem páncélozott létesítmények megsemmisítésére szolgál.

A rakéta optimális indítási távolsága 800 és 5000 m között van, de 6000 m-ig is alkalmazható. A rakéta indításakor a helikopter földközeli magasságon, rejtett pozícióban is tartózkodhat.

A helikopter orrában, a beépített lőtoronyban, egy GS-23L, ikercsövű, 23 mm-es géppágyú található. A korábbi analóg számító-megoldó blokkot egy digitális fedélzeti számítógépre (BVK-24) cserélték le, amit úgy alakítottak ki, hogy a helikopter alkalmas legyen az „Iglá-B” passzív infravörös, önirányítású, légiharc rakéta indítására is.

A BVK-24 komplexumban egy lézertáv mérő is helyet kapott, amely jelentősen megnövelte a fedélzeti fegyverek hatékonyságát. A helikopterre nem csak fedélzeti válaszadót, hanem kérdezőt is beépítették, így a légiharc rakéta indítása előtt megtörténhet az „idegen-barát” felismerés.

A negyedik felújítási modul végrehajtását követően célmegsemmisítési valószínűség 1,4-1,6 szeresére, a mozgatható lőtorony megsemmisítési területe 2-2,5 szeresére és az irányítható rakétákkal történő célmegsemmisítés harci hatékonysága 1,7-2,2 szeresére növekedett. [12][73][S.8.][S.9.][S.12.]

2.2.2.5. Ötödik modul – a bármely napszakban történő bevethetőség biztosítása.

Az éjszakai alkalmazhatósághoz a legáltalánosabban elterjedt módszert választották, éjjellátó készülékkel látták el a helikoptervezetőt. Ehhez fénytechnikai szempontból a teljes kabint átalakították, megvilágítás nélküli műszereket alkalmaztak, illetve a fényablók fényét is az éjjellátóhoz igazították. A berendezés 40°-os szélességű látómezejében természetesen a földi célok is megfigyelhetők és igen nagy előnye, hogy a helikoptervezető számára könnyen feldolgozható, elsődleges információt ad. Hátránya viszont az, hogy bármilyen környezeti fény befolyásolja a hatékony működését.

A harci alkalmazás minden napszakban való biztosítására a helikopterbe beépítettek egy hőpelengátort, egy hőképalkotó kamerát, valamint bármely napszakban, bármilyen fényviszonyok között is látható képet biztosító megjelenítőt.

A felújítás során forgószárnyagy fölötti rádiólokátort nem építenek a helikopterre, így a korlátozott látási viszonyok (köd, füst) közötti alkalmazása nem biztosított.

Ennek ellenére megállapítható, hogy a felújítás után a helikopter képes felderíteni és azonosítani a célt, valamint alkalmazni a fedélzeti fegyvereket éjszaka és bármely napszakban egyaránt.

Az egész felújítási programot az új technikai eszközök igen magas ára és a megrendelők viszonylag kevés pénze szülte. Ezt a modernizációs lehetőséget választva, az egy helikopterre eső költség jelentősen alatta marad egy új helikopter beszerzésének. Ami szintén e mellett szól, hogy a helikopter vezethetőségi szempontból nem változik meg a kiinduló Mi-24D/V típushoz képest, így a helikoptervezetők részére csak egy minimális átképzést kell szervezni. [12][73][S.8.][S.9.][S.12.]

2.3. MI-28 HARC HELIKOPTER

2.3.1. Mi-28 „Havoc”

A Mi-28 „Havoc” harci helikopter fejlesztése, a még javában zajló, afganisztáni háború tapasztalatait felhasználva kiírt pályázat alapján 1980-ban kezdődött, ahol a vetélytárs a Kamov tervezőiroda Ka-50 helikoptere volt. Az első kísérleti változat 1982-ben repült először. Az 1984-ben tartott összehasonlító elemzéseken a Ka-50 került ki győztesen, de ez nem jelentette azt, hogy a Mi-28-asnak nincs jövője.

A korábban, más helikoptereknél alkalmazott fém forgószárny és a faroklégcsavar lapátjait üvegszál-erősítésű műanyag lapátokkal váltották fel, melyeket úgy alakítottak ki, hogy a leggyakoribb űrméretű (12,7 – 23 mm) lőfegyverek lövedékei végzetes sérülést ne okozhassanak benne. Az X elrendezésű faroklégcsavar két, párhuzamos síkban elhelyezett kétlapátos légcsavarból áll, melyek egymáshoz képest 45° és 135°-os szögeket zárnak be, így csökkent a helikopter akusztikai felderíthetősége.

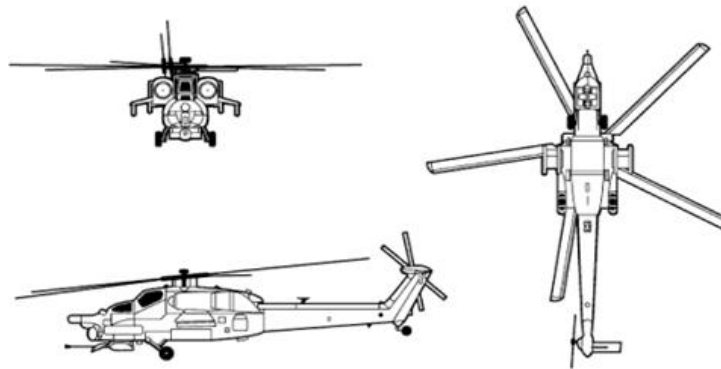
A harci tapasztalatok alapján a futómű tervezésekor elhagyták az orrfutót, amit egy kisméretű farok futóval pótoltak és jelentősen megerősítették a főfutókat, amelyek kétkamrás karos kialakításúak és már nem behúzhatók.

A sárkányszerkezet tervezésekor a létfontosságú – nem dublázható elemek védelmét úgynevezett árnyékolással oldották meg (pl. a fő reduktort a két hajtómű védi). A teljesen fémből készült, merevített héjszerkezetű sárkány első részében kapott helyet a két-személyes, tandem elrendezésű kabin, ahol az első ülésben az operátor, mögötte, kicsit magasabban pedig a helikopter-vezető munkahelye található. (18. ábra)

A nem behúzható, karos futómű, a speciális ülésfelfüggesztés és az irányított rugalmatlan deformációjú törzs alsó rész együttesen $v_y \approx 12 \text{ m/s}$ függőleges sebesség összetevőjű talajhoz ütközéskor is biztosítja a személyzet sérülésmentes túlélését. Katapult berendezést nem terveztek a helikopterre, de a személyzet a nagyméretű ajtókon keresztül elhagyhatja a helikoptert. A kiugrást az ajtók vészledobó berendezése és a fő futónak való nekiütközést megakadályozó, az ajtók alsó vonala alatt elhelyezkedő, pneumatikusan felfújható kamrák²² teszik még biztonságosabbá. A kabin teljes egészében nagy szí-

²² Valószínű légszákok (A szerző megjegyzése.)

lárdságú páncél borítást kapott és elviseli a 23 mm-es lövedék becsapódását. A pilótafülke sík-párhuzamos²³ kialakítású páncél üvegezést kapott, ami ellenáll a 12,7 mm-es lövedék közvetlen, valamint a 23 mm-es lövedék repesz találatainak.



18. ábra Mi-28 [74][151]

A girosztabilizált alagra épített célzó-navigációs berendezés a PrPNK-28²⁴ célzó-navigációs, valamint a kombinált felderítő-célzó berendezésekből áll, mely lehetővé teszi a lövészet végrehajtását mind a mozgatható gépágyúval, mind pedig az irányítható páncéltörő rakétákkal egyaránt. A helikopter-vezető pszicho-fizikai terhelésének csökkentése érdekében a tervezők csökkentették a megjelenített információk mennyiségét, azáltal, hogy minimalizálták a számszerű, a rendszer működésével összefüggő, de a harc feladat végrehajtását nem befolyásoló adatok mennyiségét. A fedélzeti számítógép feldolgozza a beérkezett adatokat és megjeleníti a helikopter-vezető homloküveg indikátorán. Szükség esetén a helikopter-vezető át tudja venni a fedélzeti gépágyú vezérlését, illetve céláthelyezést hajthat végre a sisakcélzó segítségével.

A nappali bevetésnél, az optikai felderítő-célzó berendezés alkalmazása során az operátor választhat a keskeny és széles látószögű optikai illetve a keskeny látószögű televíziós csatornák között. Az éjszakai bevetésnél „csak” a kis háttér megvilágításnál is alkalmazható televíziós csatorna választható. Ezenkívül a személyzet éjjel látó készüléket is használhat. Gépágyú és nemirányítható rakéta lövészet során, automatikus üzemmódban, a rendszerbe tartozó lézer távolságmérő-célmegjelölő berendezés segítségével korrigálható a célzás pontossága. A felderítő-célzó berendezés által biztosított információk az operátor kijelzőjén követhetők figyelemmel.

A helikopter rádióelektronikai harc képességét a „Vitebszk” rádiózavaró berendezés biztosítja. A szárnyvégeken helyezték el az automatikusan működő infracsapda kivető berendezést.

Összességében a helikopter MMF/FH²⁵ értéke – legalább egyharmadára csökkent a Mi-24 helikopterhez viszonyítva. [74][75][76][77][78]

²³ Sík-párhuzamos: sík-párhuzamos, csiszolt üveglemez. [7] (síktükör címszó)

²⁴ ПрПНК-28 Прицельно-Пилотажно-Навигационный Комплекс – célzó-navigációs rendszer

²⁵ Maintenance Man-Hour per Flying Hour – karbantartás, javítás fajlagos munkáigénye egy repült órára vonatkoztatva, munkaóraban kifejezve. [S.2.]

2.3.2. Mi-28N „Havoc”

A helikopter fejlesztése 1993-ban kezdődött a Mi-28 alapjaira építve, ettől az időtől kezdve emlegetik az alap típust a Mi-28A változatként. Pénzügyi nehézségek miatt csak 1996-ra sikerült az első repülést végrehajtani, végleges befejezését 1999-re tervezték.

A Mi-28A típushoz képest a sárkányszerkezet és a hajtómű nem változott. Az új integrált fedélzeti berendezések a kor követelményeinek megfelelően a következő lehetőségeket biztosítják:

- a terepkövető repülést mind kézi, mind automatikus üzemmódokon, amelyhez a fedélzeti számítógép a terület földrajzi adataira alapozva egy háromdimenziós szintetizált képet alkot;
- a célok felderítését, befogását és azonosítását;
- a kötelék bevetése esetén az automatikus célelosztást a kötelék tagjai között;
- a kétoldalú adatcserét az együttműködő helikopterek, a légi és a földi vezetési pontok között.

A fent felsorolt feladatok végrehajtásához a következő berendezések állnak rendelkezésre:

- az operátor vizuális, televíziós és infravörös felderítő-célzó berendezése;
- a helikoptervezető hőképalkotó berendezése és lézer távolságmérője;
- a helikoptervezető sisakcélzó berendezése és éjjellátó készüléke;
- a harc helyzet elektronikus megjelenítése folyadékkristályos kijelzőkön;
- inerciális és műholdas navigációs berendezés (GPS²⁶);
- a forgószárny fölött elhelyezkedő, 360°-os, látómezejű rádiólokátor.

A rádiólokátor lehetővé teszi, hogy a helikopter rejtve, a tereptárgyak takarását kihasználva végezhesse a felderítést, és csak a tűzmegnyitás idejére fedje fel pozícióját, valamint nem csak célfelderítési, hanem navigációs feladatok végrehajtására is alkalmas. [46][48][50][58][59][65][66][67][68][75][76][77][79][80]

2.3.3. A Mi-28 fegyverzete

A helikopter mindkét változata egy 30 mm-es fedélzeti gépágyúval rendelkezik, melynek tűzgyorsasága 300-900 lövés/perc, lőszerjavadalmazása 250 lőszer. A két típusú lőszer a gépágyú mellett, közvetlenül a lőtoronyban, két lőszerládában helyezték el, ami kiküszöböli a korábban a Mi-24-esnél is tapasztalt heveder elakadási hibákat, valamint csökkenti a szerkezeti tömeget is, a különböző meghajtó szerkezetek elhagyásával. Ezzel és a gépágyú speciális kialakításával valamint a gépágyú két oldalán elhelyezett lőszerládákkal lehetővé tették, hogy a harc feladat függvényében a személyzet megválaszthassa az alkalmazni kívánt lőszer típusát (páncéltörő vagy repesz-romboló). Előnyt jelent a lőtorony elforgathatósága vízszintes síkban $\pm 110^\circ$, függőleges síkban $+13^\circ$ és -40° . Ezt a mozgási szabadságot már a helikoptervezető is kihasználhatja a sisakcélzó segítségével, de alkalmazhat-

²⁶ Global Positioning System – Globális Helymeghatározó Rendszer

ja a gépágyút „hagyományos” módon is a gép hossz tengelyével célozva.

A helikopter elsődleges fegyverzete, melyből 16 db-t lehet a szárnyakra függeszteni, a hangsebesség fölötti, nagy találati pontosságú, rádió-távírányítású páncéltörő rakéta az „Ataka”, amely képes a dinamikus páncélzattal²⁷ felszerelt harcjárművek és a kis sebességgel repülő légi célok megsemmisítésére is. Mivel az „Ataka”, irányítási rendszere teljes mértékben kompatibilis a korábbi „Sturm”, rakétával, így ez is függeszthető a helikopterre. Ha a feladat úgy kívánja a helikopterről alkalmazható az „Igla” hangsebesség fölötti légiharc rakéta is, melynek előnye, hogy a „Tüzelj és felejtse el!” kategóriába tartozik.

A helikopter a kor követelményeinek megfelelően rendelkezik rádiózavarás esetén is alkalmazható, hangsebesség fölötti, páncéltörő félaktív lézer önirányítású „VIHR” rakétával.

Az előzőkön kívüli a Mi-28-ra függeszthető:

- UPK-23-250 gépágyú konténer: 1 db GS-23L típusú gépágyú, 250 db lőszerrel;
- GUV-A és GUV-B géppuska illetve gránátvető konténer:
 - GUV-A: 1 db JakB-12,7 és 2 db GSG-7,62-es 4 csövű, „Gatling” rendszerű géppuska;
 - GUV-B: 1 db 30 mm-es AG-17 típusú gránátvető;
- KMGU kisméretű terhek konténerére;
- Sz-24 nemirányítható rakéta;
- UB-16, UB-32 rakétablokkok az Sz-5 nemirányítható rakéta különböző modifikációinak indítására;
- B-8V rakétablokk, az Sz-8 nemirányítható rakéta különböző modifikációinak indítására;
- B-13 rakétablokk, az Sz-13 nemirányítható rakéta különböző modifikációinak indítására;
- különböző típusú és kaliberű légibombák (max. 500 kg-os kaliberig), illetve gyújtóbombák, gyújtótartályok;
- egyéb felderítő és zavaró konténerek.

[46][48][50][58][59][65][66][67][68][75][76][77][79][80]

2.4. KA-50 HARC HELIKOPTER

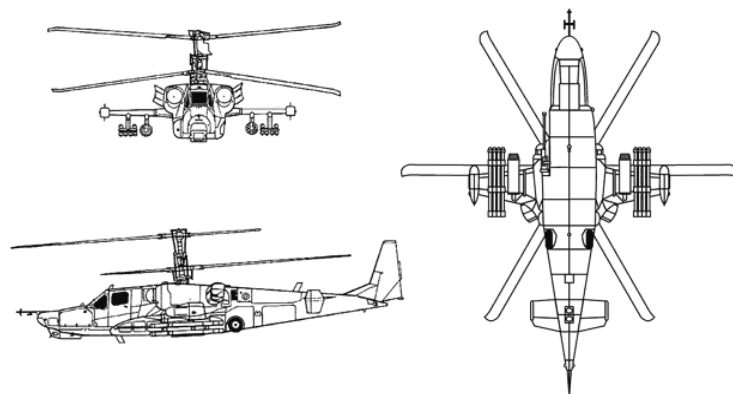
2.4.1. Ka-50 története

A Ka-50 harci helikopter (19. ábra) ugyanúgy, mint bármelyik harci helikopter arra a feladatra született, honogy felvegye a harcot az ellenség páncélozott harcjárműveivel, megsemmisítve azokat, hathatós tűztámogatást biztosítva a szárazföldi csapatoknak.

A Kamov tervező iroda is szeretett volna, a konkurens Mil irodához hasonlóan, ko-

²⁷ A kiegészítő páncélzattal ellátott harcjárművek megsemmisítéséhez tandem kumulatív harci rész szükséges.

moly megrendeléseket magáénak tudni az akkori szovjet fegyveres erőktől, ezért 1977-ben hozzáfogott egy új harci helikopter kidolgozásához. Az eredmény egy V-80S1 gyári típusjelzéssel rendelkező harci helikopter lett, amely 1982-ben hajtotta végre első próbarepülését. A további kísérleteknek a nyolcvanas évek közepén elkezdődött „peresztrojka”²⁸ időszaka vetett véget. A Szovjetunió felbomlása utáni években szükségszerűvé vált a hadsereg modernizációja is. Mind a Mil tervezőiroda, mind a Kamov is előállt egy korszerű harci helikopter tervvel. A pályázatos eljáráson a Kamov került ki győztesen és megkezdhette Ka-50 típusú helikopter sorozatgyártását, amit 1995-ben kezdett szállítani az orosz szárazföldi csapatoknak. [81]



19. ábra Ka-50 [81][151]

A helikopter, mint ahogy tradicionálisan a Kamov helikopterek, három lapátos, koaxiális²⁹ forgószárny elrendezést kapott, ami ebben a kategóriában egyedülálló. Ez is jó manőverező képességet biztosít, mind kézi, mind automatikus irányítás mellett, illetve csökkenti a hagyományos elrendezésű helikopterek faroklégcsavar zajából származó akusztikai felderíthetőséget. Az orrészben, a pilótafülke előtt, kapott helyet a célkereső, felderítő és célzó komplexum. A pilótafülke katapult berendezéssel felszerelt, amely biztosítja a biztonságos vészelhagyást a gép sérülése esetén is. A kabin és a létfontosságú berendezések páncélvédelmet kaptak, amely acél és karbonszálal elemeket is tartalmaz, és helyenként képes elviselni a 23 mm-es gépágyú lövedék közvetlen találatát is. A Ka-50 a harci helikopterekre jellemző, 7,3 m fesztávolságú szárnyal rendelkezik, amire 2-2 db szárnyalatti tartó segítségével lehet a fegyvereket függeszteni.

Ellentétben a többi harci helikopterrel a személyzet csak egy fő³⁰, ami a célzó-navigációs berendezés nagyfokú automatizáltságával is magyarázható. A fedélzeti számítógép automatikusan fogadhat az információkat egy másik helikoptertől vagy földi vezetési ponttól és továbbíthatja is azokat. A kapott információ megjelenik a

²⁸ Peresztrojka – elhíresült, az orosz nyelvből átvett szó, amely átalakulást, átalakítást jelent. Gorbacsov nevéhez fűződik és szinte az egész világon, ezzel a szóval fémjelzik az abban az időben végbe ment változásokat. (A szerző megjegyzése.)

²⁹ Koaxiális forgószárny elrendezés esetében két forgószárny található egy tengelyen, különböző forgási síkban ellentétesen forognak.

³⁰ A helikopter tovább fejlesztése során Ka-50-2 és Ka-52 visszatértek a két személyes változathoz, mert a helikoptervezető pszichikai terhelése - az egy személyes változatban - egy idő után az alkalmazás hatékonyságának rovására ment.

pilóta harcászati helyzet- és a homloküveg indikátorán, melyen a navigációs és a helikopter repülésével kapcsolatos információk is láthatóak egy időben. Mindezek nagymértékben megkönnyítik a fedélzeti fegyverek alkalmazását. A helikoptervezető rendelkezik sisakcélzó berendezéssel is, amely a fedélzeti számítógépen keresztül olyan együttműködést biztosít a felfüggesztett irányítható rakétákkal, hogy a pilóta fejének elforgatásával szinkronban a bekapcsolt állapotban levő rakéta célkoordinátorok is mozognak, így a cél befogása nagyon rövid időt vesz igénybe³¹.

2.4.2. A Ka-50 fegyverzete

Fegyverzetét tekintve a helikopter rendelkezik egy beépített 2A42-es, 30 mm-es gépágyúval, amely korábban a szárazföldi csapatok BMP³² harcjárművein került alkalmazásra. A gépágyú két lőszerládával rendelkezik, ami lehetővé teszi, hogy két különböző típusú lőszer közül – repeszromboló és páncéltörő – a pilóta a támadott célnak megfelelően válasszon. A gépágyú tűzgyorsasága változtatható 200-300-500 lövés/perc lehet. A korábbi tervekben még a GS-30-1³³ típusú, kimondottan repülő fedélzetre tervezett gépágyú beépítése szerepelt, de a választás a 2A42-es ágyúra esett, annak ellenére, hogy a tömege jóval nagyobb a GS-étől, a tűzgyorsasága pedig jóval kisebb, viszont hatásos lőtávolsága eléri a 3000 m-t. A gépágyú beépítése nem a harci helikoptereken megszokott lőtornyos, hanem a pilótafülke mellett, kissé mögötte a sárkányszerkezet jobb oldalára építették be. Vízszintes síkban 15°-os, míg függőlegesben 30°-os elmozdulásra képes. Speciális elektrohidraulikus követőrendszer mozgatja a gépágyút, amely lehetővé teszi, hogy a helikopter elmozdulása esetén a gépágyú csöve megőrizze a lőirányt. Tulajdonképpen ez egy iránystabilizációt jelent a gépágyúnak, melynek köszönhetően rendkívül nagy a találati pontossága. A függeszthető fegyvereket összesen négy szárnyalatti tartóra lehet elhelyezni. A szárnyakon maximálisan 12 db (2x6 db) páncéltörő irányítható rakéta, illetve a már korábban rendszeresített szovjet-orosz repülőeszközökön is alkalmazott külső fegyverberendezés függeszthető, tartónként maximálisan 500 kg. Érdekessége a szárnyalatti tartóknak, hogy 10°-os szögig dönthetők lefelé. A helikopter önvédelmének biztosítása érdekében a szárnyvégeken összesen négy darab „Igla-V” infravörös, önirányítású rakéta található, illetve ugyanígy a szárnyvégi konténerekben infracsapda kivető és a rádiózavaró berendezést is beépítettek.

A kor követelményeinek megfelelően a kilencvenes évek végén a helikopter átesett egy modernizáción. Alkalmassá tették éjszakai alkalmazásra, így hőképkalkotó kamerával is felszerelték. Ez a típusjelzésében is megjelent ugyanúgy, mint a Mi-28N esetében kapott egy N³⁴ jelzést, Ka-50N.

³¹ Ismerte a szovjet-orosz repülőgép tervezési módszereket, valószínűsítem, hogy ez a Szu-27 és MiG-29 harcászati repülőgépeken már bizonyított sisakcélzó, fedélzeti számítógép, fegyvervezérlő rendszer együttesét adoptálták a megfelelő módosításokkal a helikopterre. (A szerző megjegyzése.)

³² BMP – Боевая Машина Пехоты – Csapat szállító harcjármű orosz rövidítése

³³ GS-30-1: A Szu-27 és MiG-29 repülőgépek fedélzetén alkalmazott egycsőű, rövid csőhátrasiklásos gépágyú. Tömege előbeépítések nélkül 53 kg, tűzgyorsasága 1800 lövés/perc. (Jelenlegi ismereteim szerint az egyik legjobb repülőfedélzeti gépágyú a világon. (A szerző megjegyzése))

³⁴ N – az orosz ночь éjszaka szó kezdőbetűje

A helikoptert K-37 típusú katapultüléssel szerelték fel, amely a K-36D³⁵ katapultüléshez hasonló konstrukció, vagy annak a helikopterfedélzetére adaptált változata. Egy bizonyos, hogy lehetővé teszi a pilóta számára a biztonságos katapultálást a teljes sebesség és magasság tartományban, ahogy azt szakmai berkekben jellemezni szokás „dupla nullás” katapultülésről van szó. Ez azt jelenti, hogy akár 0 m magasan (a le- felszálló pályán), 0 m/s vízszintes sebességű helikopterből is biztonsággal végrehajtható a katapultálás. [1][46][47][58][59][81][82][83][84][85]

2.4.3. Ka-52 harci helikopter

A Ka-52 harci helikoptert a Kamov tervező iroda a Ka-50 alapjaira építette, tulajdonképpen annak egy továbbfejlesztett változata. Ez annyira igaz, hogy szerkezeti elemeinek 85%-a megegyezik a Ka-50 helikopterrel, így a műszaki személyzet átképzése sokkal rövidebb időt vehet igénybe. A gép első változata 1997-ben repült.

A helikopter elsősorban azért lett kétszemélyes, mert csapásmérő csoport tűzvezetésére és célelosztására tervezték, de mindemellett rendelkezik mindennel, amivel egy harci helikopternek rendelkeznie kell. A pilótafülke és a főbb elemek páncélvédelmet kaptak, a személyzet ugyanúgy, mint a Ka-50-es helikopter esetében katapultüléssel rendelkezik. Fegyverzete megegyezik a Ka-50 harci helikopterével, azzal a kis különbséggel, hogy a helikopter orr részében egy milliméteres hullámhossz tartományban üzemelő rádiólokátort építettek be, ami információt biztosít a személyzet számára a pillanatnyi harcászati helyzetről. Érdekessége még, hogy a helikopter vezető és az operátor egymás mellett helyezkedik el és a két munkahely felcserélhető egymással, tehát bármelyikük elláthatja a másik feladatát. Ez a helikopter vezető kiképzése során is előnyös lehet. [81][82]

2.4.4. Ka-50-2 „Erdogan” harci helikopter

A Kamov és az Israel Aircraft Industries közös fejlesztésű harci helikoptere. Az erős orosz platformra nyugati elektronikát építettek be és hangolták össze a fegyverrendszerrel. Érdekessége még a helikopternek, hogy visszatértek a kétszemélyes, tandem elrendezésű változathoz. Fegyverzete nem különbözik a Ka-50 változattól. Figyelemreméltó, hogy egy sisak kijelzőt építettek bele, ami nem csak célzási hanem navigációs információkat is megjelenít. Természetesen ez a berendezés a kor követelményeinek megfelelően egyben az éjjellátó készülék is.

A helikopter kimondottan a török helikopter tenderre készült, ezért kapta az „Erdogan”³⁶ nevet. [83][85][86]

2.5. AH-64 „APACHE” HARC HELIKOPTER

2.5.1. Az „Apache” története

Az amerikai hadsereg a hetvenes évek elején egy új harci helikopter gyártására írt

³⁵ K-36D többek között a MiG-29 harcászati repülőben alkalmazott katapultülés.

³⁶ Az Erdogan egy török név, jelentése „harcra született” és többek között a török miniszterelnök, Recep Tayyip Erdoğan is ezt a nevet viseli.

ki pályázatot. A pályázat szerint a helikopternek el kell viselnie a 23 mm-es gépágyú találatot. A terhelési határokat +3,5 és -1,5 között állapították meg, maximális felszálló tömegnél. A sárkányszerkezet kialakításánál előírták, hogy függőleges kismagasságú kényszerleszállásnál, vagy lezuhanásnál 0,95-ös túlélési valószínűséggel kell biztosítani a személyzet túlélését. A pályázatban a helikopter fegyverzetére is adtak előírásokat, melyek szerint, a fegyvertelen szállító helikopterek hatékony megvédésére és az ellenség földi tűzeszközeinek megsemmisítésére is alkalmasnak kellett lennie. Az elképzelések szerint egy 30 mm-es mozgatható gépágyú és 8 db páncéltörő rakéta fegyverzettel kellett volna rendelkeznie.

Az Egyesült Államok Védelmi Minisztériuma 1973-ban pályázati úton kiválasztott két céget – a Bell Helicopter-Textront és a Hughes Helicoptert – és megbízást adott a két prototípus kifejlesztésére. 1976 elejére mindkét cég elkészítette saját modelljét.

A hadsereg statikus és repülési tesztek hosszú sora után a Hughes helikopterét találta jobbnak, így ez a cég foghatott hozzá a prototípus gyártásához és további teszteléséhez. A sorozatgyártás 1983 februárjában kezdődött, alig egy hónappal azelőtt, hogy a McDonnell Douglas megvásárolta a Hughes Helicopters céget.

Az új helikopterek 1984-ben kerültek a csapatokhoz. Az első harci bevetés, amelyen az „Apache” igazolta a várakozásokat, a panamai akció volt. Két évvel később az első Öböl háborúnak is aktív részesei voltak.

Az „Apache” az amerikai hadsereg egyik csúcstechnikát felvonultató harceszköze. Korszerű avionikai és elektronikai rendszerei, valamint hatékony fegyverzete képessé teszik bármilyen földi támogató harcfelelő feladat végrehajtására.
[1][44][46][47][48][50][61][63]

2.5.2. Az AH-64A főbb harcászati-technikai jellemzői

2.5.2.1. Általános jellemzés

A létfontosságú helyeken – kabin, hajtóműgondolák, forgószárny, reduktor – energia elnyelő rétegeket és olyan szerkezeti kialakításokat alkalmaztak, amelyek elviselik akár a 23 mm-es lövedékek okozta sérüléseket is. A külső borítás nagy része könnyű alumíniumötvözet, amely megfelelő mértékben ellenáll a kézfegyverek tűzésének.

A tömeg csökkentésére a kevésbé kritikus helyeken kompozit anyagot alkalmaznak, amely szintén megfelelő védelmet nyújt a kis kaliberű fegyverek ellen. A törzs homloklapfelületét a minimálisra csökkentették, a kabin üvegezése mellőzi a hajlított plexifelületeket. [1][44][46][47][48][50][61][63]

2.5.2.2. A Longbow rendszer

Az AH-64D „Longbow” a világ talán egyik leghatékonyabb harci helikoptere. A modernizált Apache és az új „Longbow” fegyverrendszer együttesen, a harc hatékony megvívását és nagyfokú túlélőképességet biztosít. A „Longbow” tűzvezető lokátor

és a „Longbow Hellfire” rakétarendszer kiküszöböli a jelenleg rendszerben levő elektro-optikai vezérlésű fegyverrendszerek hiányosságait (korlátozott alkalmazhatóság álcázó füst vagy köd esetén).

A milliméteres hullámsávban működő radar alkalmazása jelentősen megnöveli a helikopter harci hatékonyságát kedvezőtlen időjárási viszonyok, füst, por, álcázó köd stb. közepette, ugyanakkor lecsökkenti a célkiválasztáshoz és a tüzeléshez szükséges időt.

2.5.2.3. Az Apache modernizálása

Az amerikai hadsereg Apache korszerűsítési programjának célja a harcban kipróbált és nagyszerűen bevált AH-64A teljes megújítása, hogy továbbra is biztosítható legyen a vezető pozíciója a harci helikopterek között. A program során a meglévő gépek közül számos korábban rendszerbe állított AH-64A modellt átépítenek az új követelményeknek megfelelően.

A fejlesztés főbb elemei a következők:

- „MANPRINT” műszerfal, amelynek lényege két nagyméretű többfunkciós kijelző, melyek segítségével a személyzet figyelemmel kísérheti a harc helyzet alakulását, a gép rendszereinek állapotát, a felhasználható fegyvereket és más fontos információt;
- digitális kommunikációs képesség: biztonságos, nehezen zavarható rádió berendezés és nagykapacitású továbbfejlesztett adatmodem;
- korszerűsített avionikai rendszer és új típusú légkondicionáló az elektronikai rekeszben;
- nagyobb teljesítményű hajtóművek;
- új AN/ASN-157 Doppler navigációs rendszer;
- a „Longbow” fegyverrendszer.

A változtatások mindegyike egyenként is igen jelentős technikai előrelépést jelent az eredeti AH-64A modellhez képest, együttesen azonban egy szinte teljesen új helikopter fontos rendszereit alkotják. Ha mégis rangsorolni kellene a fejlesztéseket, első helyen a „Longbow” integrált fegyverrendszert említhetjük.

2.5.3. A „Longbow” fegyverrendszer

2.5.3.1. A „Longbow” tűzvezető lokátor

A „Longbow” tűzvezető lokátor egy 35 GHz-en működő radarrendszer, melynek rendeltetése a harcászati célok észlelése, helyzet meghatározása, azok osztályozása és közöttük prioritás felállítása.

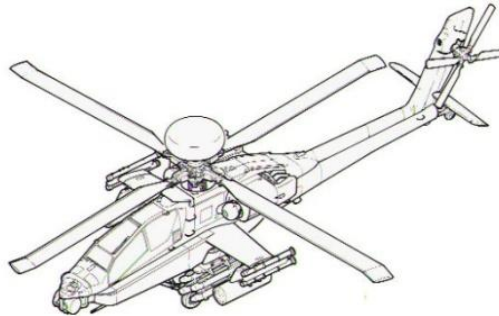
A mozgó és álló célokat a lokátor adatai alapján a fedélzeti számítógép automatikusan besorolja az alábbi öt csoport valamelyikébe:

- lánctalpas harcjármű³⁷;
- kerekes harcjármű,³⁸

³⁷ A harcjárművek két nagy csoportja a lánctalpas harcjárművek és a kerekes harcjárművek.[6]

- légvédelmi eszköz;
- helikopter;
- merevszárnyú repülőgép.

A lokátor mellett működő radarfrekvencia-interferométer a helikopter védelmi rendszerének fontos része, ami az ellenséges radarjelek észlelésére, azonosítására a jelforrás azimutális bemérésére szolgál. A berendezés antennája, annak mozgató mechanizmusa, a tápegysége, a besugárzásjelző vevőantennája és egy sor egyéb blokk a forgószárnyagy fölötti ellipszoid alakú házban kapott helyet. (20. ábra) A jelfeldolgozó egységeket a törzs műszerrekeszébe építették be.



20. ábra Az AH-64 [61][151]

Az üzemeltethetőség megkönnyítésére a lokátor beépített önellenőrző és hibakereső rendszerrel rendelkezik, amely képes 0,95-ös valószínűséggel meghatározni, – elektronikai modul szintig – a hiba helyét.

A lokátor három fő üzemmóddal rendelkezik:

- földi célfelderítés;
- légi célfelderítés;
- terepprofil üzemmód.

Mindhárom üzemmódban biztosított a pontos célfelderítés miközben a besugárzásjelző is végig aktív. [1][44][46][47][48][50][61][63]

2.5.3.2. Földi célok felderítése

Ez a „Longbow” lokátorának alap üzemmódja. A felderített célokat a rendszer automatikusan, mint lánctalpas, kerekas vagy légvédelmi eszközt azonosítja. Fedezék mögül a radardóm felfedése után másodperceken belül a harchelyzet kijelzőn megjelenik az összes felderített cél, melyek közül a legfontosabb 16, a célzó kijelzőn követhető és az adataikat a számítógép eltárolja és automatikusan frissíti. A prioritási sorrend felállításának módja változtatható, például a célok távolságának, típusának stb. függvényében. Földi célfelderítő üzemmódban a lokátor pásztázási szektora 15, 30, 45 és 90 fokos lehet, a szektor középvonala a helikopter hossz tengelyéhez képest jobbra-balra 90°-ban kitéríthető. A földi, álló célok maximális észlelési távolsága 6 km, mozgó földi és légi céloké pedig 8 km.

³⁸ A lánctalpas és kerekas harcjárművek megkülönböztetésre azért van szükség, mert sebességben és páncélzatban jelentős különbség van a két csoport között és támadásukhoz megfelelő fedélzeti fegyvert kell kiválasztani. (Szerző megjegyzése)

A földi célfelderítő üzemmódon a lokátor két, egymástól eltérő hullámformájú, egymással szinkronizált sugárnyalábot használ. A mozdulatlan célok észlelésére és azonosítására egy új jelfeldolgozó algoritmust fejlesztettek ki, melynek segítségével sikerült a minimumra csökkenteni a hamis célok észlelésének valószínűségét. A mozgó földi és légi célok felderítését a lokátor impulzus-Doppler elven végzi, mely üzemmód megbízható célfelderítést tesz lehetővé. [1][44][46][47][48][50][61][63]

2.5.3.3. Légi célok felderítése

A légi célfelderítő üzemmódban a lokátor körkörösén 360°-os szektorban pásztáz, a maximális célfelderítési távolság 8 km.

A felderített célokat az alábbi csoportokba sorolja:

- függő helikopter;
- haladó helikopter;
- merevszárnyú repülőgép.

A földi célokat a lokátor ebben az esetben figyelmen kívül hagyja. A célfelderítés impulzus-Doppler elven történik. Csoportos légi célok felderítése esetén is biztosított a megbízható azonosítás így a hamis riasztás aránya rendkívül kicsi. A céladatokot a lokátor továbbítja a fegyverzetvezérlő rendszernek, így tetszés szerint légiharc vagy helikopter esetén „Hellfire” rakéta indítható a célra. Ha a feladat úgy kívánja a személyzet a keresési szektort szűkítheti 180° vagy 90°-ra.

2.5.3.4. Terepprofil üzemmód

A terepprofil üzemmód megkönnyíti a kismagasságú terepkövető repülést, korlátozott látási viszonyok között. A lokátor folyamatosan 2,5 km-re előre méri a szükséges emelkedési szöget, így a helikoptervezető kiválaszthatja a legjobb álcázást biztosító útvonalat. A lokátor által biztosított adatok segítik a PNVS³⁹ működését, ha rossz időjárás miatt a látási viszonyok korlátozottak. A pásztázott szektor szélessége sebességfüggő: 90 km/h alatt 180°, fölötte 90°.

A terepprofil üzemmódban arra is van lehetőség, hogy a rendszer figyelmeztesse a pilótát az esetleges veszélyes terepakadályokra (pl. magas épület, elektromos távvezeték tartóoszlopa stb.). A terepprofil üzemmód adatai kétféle megjelenítési módban érhetőek el. Az egyik módban a PNVS alkotta képre vetítik a terepprofil a veszélyes akadályokra figyelmeztető jelekkel együtt. Ezt a képet a pilóta a sisakcélzó berendezés kijelzőjén látja. A másik módban a műszerfal többfunkciós kijelzőjén jelenik meg a terep kontúrja és az aktuális repülési magasság függvényében a kike-rülendő tereptárgy élénk színnel látszik. [1][44][46][47][48][50][61][63]

2.5.3.5. A radarfrekvencia-interferométer (RFI⁴⁰)

A helikopter önvédelmi rendszerének fontos eleme az ellenséges lokátor sugárzását bemérő és azonosító rendszer. A tűzvezérlő lokátorral integrálva ez a berendezés komoly fenyegetést jelent a rádiólokációs légvédelmi eszközökkel szemben. A légvédelem

³⁹ PNVS - Pilot Night Vision System - a pilóta éjjellátó készüléke

⁴⁰ RFI - Radar Frequency Interferometer, radarfrekvencia interferométer

lefogása létfontosságú kérdés egy-egy ütközet kimenetelét tekintve, és az RFI magas elhelyezkedése lehetőséget ad a helikoptereknek az ellenséges lokátorok bemérésére, még mielőtt a helikopter teljesen felfedné saját helyzetét. Így a „Longbow Apache”, úgy mond megelőző csapást tud mérni a legfenyegetőbb légvédelmi eszközök ellen.

Az AN/APR-48A típusú besugárzásjelző berendezés 360°-os szektorban biztosít felderítést és típusazonosítást. A sugárforrás pontos helymeghatározása a tűzvezérlő lokátor irányzó vonalától számított plusz-mínusz 45°-os szektorban lehetséges. A berendezés több mint 100 lokátor paramétereit képes tárolni egy – a harc feladat függvényében – cserélhető adatbázis modulban, így gyorsan frissíthető illetve változtatható az adatbázis. A berendezés a tűzvezérlő lokátor mindhárom üzemmódján működik. [1][44][46][47][48][50][61][63]

2.5.3.6. Az AGM-114L rakéta

Az „Apache” fő fegyverzete az AGM-114C lézer célkoordinátorral szerelt rakéta, mellyel a Sivatagi Vihar hadművelet első célpontjait semmisítették meg, így biztosítva a légierő számára a „légvédelem mentes” átrepülést. Továbbfejlesztett változata a AGM-114K, amely digitális robotpilótával, jobb elektro-optikai zavarvédelemmel és a harckocsik dinamikus páncélzatát is átütni képes tandem kumulatív harcírészsel rendelkezik.

Az AH-64D „Longbow” számára kifejlesztett AGM-114L rakéta a korábbi változatokhoz képest csak a célkoordinátorában változott, ami lehetővé tette, hogy a rakéta önállóan a „Tüzelj és felejtsd el!” elvnek megfelelően tevékenykedjen. Rossz időjárási vagy látási viszonyok között, amikor a lézeres célmegvilágítás nem alkalmazható, a milliméteres hullámsávban működő lokátor pontosan képes meghatározni a cél helyét és sebességét és az adatokat a rakéta inerciális vezérlőrendszerébe továbbítja. Mozgó célok és közeli álló célok esetén a rakéta LOBL⁴¹ módban indul, ami azt jelenti, hogy a rakéta saját lokátora rakétaindítás előtt befogja a célt és folyamatosan követi azt, kiküszöbölve a célzási hibákat vagy a cél mozgásából eredő céltévesztést, illetve az esetlegesen másik célra való befogást.

Álló célok esetén a rakéta LOAL⁴² módban is indítható. A leválást követően inerciális vezérléssel repül és a célkoordinátor repülés közben fogja be a célt. A tűzvezető lokátor és a „Hellfire” együttműködése nagyfokú hatékonyságot kölcsönöz a „Longbow” helikopternek. Csoportos célok egyenkénti támadására éppúgy, mint gyors egymás utáni „Hellfire” indításra. A „Tüzelj és felejtsd el!” képesség és a gyors indításismétlés a minimumra csökkenti a tűzmegnyitáshoz szükséges időt, ami együttesen jelentősen növeli a helikopter túlélőképességet.

2.5.4. Az AH-64D „Longbow” és az AH-64A „Apache” összehasonlítása

Az új helikopter harctéri kipróbálására 1995-ben került sor. Analitikus és „meleg”

⁴¹ LOBL – Lock On Before Launch - célbefogás az indítás előtt

⁴² LOAL – Lock On After Launch - befogás az indítás után

tesztek egyaránt végeztek. A próbák során az AH-64A és D helikopterek alkották a „Kék” csapatot, míg a „Pirosak” között 20 harckocsi, 10 PSzH⁴³ és 25 különböző légvédelmi eszköz kapott helyet. A tesztek során egyértelműen bebizonyosodott, hogy a harctéri viszonyok jelentősen befolyásolják a korszerű elektro-optikai szenzorokkal rendelkező „Apache” lehetőségeit is. A mesterséges ködösítő eszközök, álcahálók és hamis célok képesek megtéveszteni a gép érzékelőit, míg a „Longbow” változat lokátorra gyakorlatilag érzéketlen maradt mind a látást korlátozó tényezőkre, mind a kedvezőtlen időjárásra. Az AH-64D modellek által indított „Hellfire” rakéták találati aránya álcázó köd alkalmazása mellett 75% volt, míg nélküle elérte a 100%-ot. Ezzel szemben az AH-64A változat lézer célkoordinátorral szerelt rakétája álcázó füst alkalmazása során nem ért el találatot, míg füst nélkül 87%-os eredménnyel semmisítette meg a gyakorló célokat. Mindemellett a „Longbow” tűzvezető lokátort nem lehetett hamis célokkal megtéveszteni.

Mindezeket összevetve a „Longbow” rendszer bebizonyította létjogosultságát. Az amerikai hadsereg összes „Apache” helikopterét át kívánja alakíttatni és élénk a külföldi érdeklődés is. [1][44][46][47][48][50][61][63]

2.6. RAH-66 „COMANCHE” HARC HELIKOPTER

2.6.1. A RAH-66 története

Az Egyesült Államok hadserege a nyolcvanas évek elején pályázatot írt ki egy könnyű, többcélú helikopter tervezésére és gyártására. A helikopter az AH-1 harci, UH-1 többcélú, OH-58 és az OH-6 felderítő helikopterek leváltására szánták. A tender kiírásakor a következő követelményeket fogalmazták meg:

- maximális sebesség 330-550 km/h;
- minimális repülési idő 2,5 óra;
- egy fő személyzet;
- 6 deszant személy, vagy 600 kg teher szállítása;
- a fegyverzet foglalja magába a fedélzeti gépágyút, irányítható páncéltörő rakétát, nemirányítható rakétákat;
- rendelkezzen korszerű célzó-navigációs komplexummal, amely lehetővé teszi a bonyolult időjárási körülmények közötti feladat végrehajtást;
- limitált lista ár.

A pályázók a kiírásnak megfelelően elkészítették a terveiket, melyeket a bíráló bizottság megvizsgált, majd módosította a tendert, mert kiderült, hogy mindez túlságosan nagy technikai kockázattal valósítható csak meg. Így a második körben már realisabb paramétereket szabtak meg, csökkentették a maximális sebességet és a személyzetet két főre emelték.

⁴³ PSzH – Páncélozott Szállító Harcjármű



21. ábra RAH-66 „Comanche” [90]

A második fordulóra a korábbi két nagy rivális, a Boeing és a Sikorsky egyesítette erőit és a RAH-66 (21. és 22. ábra) terveivel megnyerte a pályázatot. Ez volt az a helikopter, ami teljes egészében megfelelt volna, az LHX⁴⁴ programnak, melyet azóta is a legnagyobb szabású harci helikopter programnak, kísérletnek tartanak. Nem csak azért mert a legnagyobb költségvetésű program volt, (a sajtóban megjelent információk szerint 14,6 milliárd dollár⁴⁵ volt jóváhagyva a programra, ami magában foglalta 121 helikopter legyártását), hanem azért is, mert az Egyesült Államok szinte minden helikoptereket gyártó vállalata részt vett benne. Az első kísérleti repülést a helikopter 1996 januárjában hajtotta végre, a repülési tesztek 1998-ban kezdődtek és 2001-ben pedig elkezdődtek az első harcászati tesztek. 2006-ra a szériagyártás volt tervezve, de közben a Kongresszus 2004-ben törölte a programot, mert folyamatosan nőtték a költségek, mivel túl sok funkciót terveztek a helikopterbe beépíteni, hogy az túlnötte annak lehetőségeit. Problémák merültek fel, mivel a célzó-navigációs-kommunikációs rendszer két üzemmóddal rendelkezett – a helikopter koordinátáinak meghatározása és egy titkosított rádióvonalon történő kommunikáció –, de egyszerre a kettőt nem lehetett használni, mert az elektromágneses illesztés nem volt megfelelő. Másik probléma, hogy a besugárzásjelző berendezés antennájának érzékenysége túlságosan alacsonynak bizonyult. Összességében viszont a programnak vannak olyan elméleti és gyakorlati eredményei, amit elemeiben felfedezhetünk más helikoptereken.[89][91][93][94]



22. ábra RAH-66 „Comanche” [90]

⁴⁴ LHX – Light Helicopter Experimental – könnyű, kísérleti helikopter

⁴⁵ Forrás: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/rah-66.htm>

A helikopter nem harci, hanem felderítő-csapásmérő helikopterként szerepel a hivatalos leírásokban, a következő feladatokkal:

- harcászati felderítés és a felderítési adatok, digitális formában történő, valósidejű továbbítása titkosított rádiócsatornán;
- páncélozott célok megsemmisítése a harcmezőn;
- a harctevékenység irányítása;
- csapásmérő repülőgépek és helikopterek együttműködésének összehangolása;
- a légvédelmi eszközök, harcászati rakéták vezetési pontjainak felderítése és megsemmisítése;
- az AH-64 harci helikopterek kísérése és légi harc megvívása.

A helikopter felépítését tekintve a hagyományos építési elveket követve egy forgószárnyas farok légcsavaros elrendezésű, két hajtóművel és behúzható futóművel rendelkezik. A sárkányszerkezet jelentős része kompozit anyagok felhasználásával készült és speciális festést kapott, hogy csökkentse a helikopter aktív rádióhullámokat visszaverő felületét. A forgószárny lapátok szintén kompozit anyagból készültek, ami szintén megfelel a mai kor követelményeinek. A faroklégcsavar fenestron kialakítású, csökkentve a helikopter felderíthetőségét akusztikai tartományban.

2.6.2. A RAH-66 fegyverzete

- General Electric, 3 csövű, 20 mm-es „Gatling”⁴⁶ felépítésű gépágyú, amely 180°-os hátrafordítással behúzható egy áramvonalazó alá. A kifordítási ideje maximum 2 s. Tűzgyorsasága 750 lövés/perc földi célok ellen, 1500 lövés/perc légi lövészet esetében. Lőszer javadalmazása: normál 320 db, maximum 500 db.
- A helikopter mindkét oldalán egy bezárható/behúzható tartóberendezésen 3-3 db függesztési pont, melyre „Hellfire” irányítható páncéltörő rakéta, vagy „Stinger” önirányítású légi harc rakéta függeszthető.
- A helikopter alapkiépítésben nem rendelkezik szárnyakkal, de 15 perc alatt felszerelhetők, melyekre még összesen 8 db irányítható páncéltörő rakétát, vagy összesen 32 db „Hydra”, nemirányítható rakétát, blokkokban, vagy 16 db „Stinger” önirányítású légi harc rakétát, vagy kettő darab 1627 l-es póttartályt (ezeket csak átrepülésekkor), vagy két darab 871 l-es póttartályt – hosszú ideig tartó harc feladat – végrehajtásához tud hordozni. [89][91][93]

2.7. EUROCOPTER „TIGER”

2.7.1. A „Tiger” története és változatai

1984-ben a német Messerschmitt-Boelkow-Blohm és a francia Aerospatiale cégek hozzákezdtek egy harci helikopter tervezéséhez a francia és a német fegyveres erők számára. A tervek szerint a projekt során egy harckocsi elhárító helikoptert a német hadsereg és egy harctámogató helikoptert pedig a francia hadsereg számára kellett megépíteni. A végleges változatok a következők lettek:

⁴⁶ Dr. Richard Jordan Gatling (1818-1903) amerikai feltaláló, aki elsőként alkotta meg a teljesen automata működésű forgócsöves gépfegyvert. Ezért az utókor azt róla nevezte el. [146]

- PAH-2 (Panzerabwehr Hubschrauber) „Tiger” páncélvadász⁴⁷ helikopter a német hadsereg részére készült.
- HAC (Helicoptere Anti Char) „Tigre”⁴⁸ páncélvadász helikopter a francia hadsereg számára.
- HAP (Helicoptere d Appui Protection) (23. ábra) a francia hadsereg igényeinek megfelelően felfegyverzett kísérő és szárazföldi támogató változat.
- ARH (Armed Reconnaissance Helikopter) felfegyverzett felderítő helikopter az ausztrál verziót jelöli.
- HAD a spanyol hadsereg által megrendelt HAP változat jelölése.



23. ábra Eurocopter „Tiger” [98]

A helikopter személyzete két fő, akik tandem elrendezésben foglalnak helyet (elől a helikoptervezető és hátul a lövész). Mindketten két-két színes LCD kijelzőn láthatják az adatokat mind a repülésről, mind pedig a harchelyzetről. A francia HAP változaton a helikoptervezetőnek egy homloküveg indikátora is van. A személyzet mindkét tagja sisakra szerelt kijelzővel is rendelkezik, amely a francia változatokon, francia gyártású, míg a német helikoptereken az angol BAe System gyártotta azokat. Mindkét változat nappali és éjszakai üzemmóddal is rendelkezik. A helikopter passzív önvédelmét – rádió és lézer hullám tartományban működő – besugárzásjelző biztosítja.

A különböző változatok között különbség még az „Oziris” optikai érzékelő egység elhelyezése is. A PAH-2 és a HAC változatok esetében az érzékelő a forgószárny agy tetején helyezkedik el, míg a HAP esetében a pilóta fülke tetején található. Az elhelyezés egyenes következménye a rendeltetésbeli különbségnek, ami egyértelműen az elérhető maximális sebességen is megmutatkozik (260 és 280 km/h). Természetesen a kísérő HAP változatnak nagyobb a sebessége. [48][95][96][97][98][99][100][101][102]

2.7.2. A „Tiger” fegyverzete

A különböző változatok a következő fegyverzettel rendelkezhetnek:

- PAH-2: A szárnyalatti tartókon 8 db „HOT” vagy 8 db „TRIGAT” típusú irányítható páncéltörő rakéta és 4 db „Stinger” önirányítású légiharc rakéta függesz-

⁴⁷ Páncélvadász helikopter – harci helikopterek egyik gyakori elnevezése, mellyel arra utalnak, hogy a páncélos kötelékek elleni támadásra specializáltak. Értekezésemben én is alkalmazni fogom, abban az esetben, ha a harci helikopter csak páncélosok elleni támadásra alkalmas eszközökkel fegyverezzük fel.

⁴⁸ „Tigre” – a „Tiger”, vagyis tigris franci megfelelője

tésére van lehetőség. A forgószárny agy fölötti célzó berendezéssel szerelték fel a helikoptert, ami magában foglalja a tv kamerát, FLIR⁴⁹ fedélzeti infravörös rendszert, követő rendszert és lézer távolságmérőt. A helikoptervezető infravörös hőképkalkotó berendezését a helikopter orr részében helyezték el.

- HAC: fegyverzetében annyi a különbség a PAH-2-höz képest, hogy a „Stinger” légiharc rakétát francia „Mistral” rakétával cserélték le.
- HAP (23. ábra): a francia hadsereg igényeinek megfelelően felfegyverzett kísérő és szárazföldi támogató változat. Fegyverzetébe tartozik egy, lőtornyban elhelyezett, 30 mm-es GIAT-30M781 típusú gépágyú, 150-450 db lőszerrel. A szárnyak alatt 4 db „Mistral” infravörös önirányítású légiharc rakéta és két darab 22, vagy 12 csövű, HAP SNEB 68 mm-es, vagy 70 mm-es „Hydra” nemirányítható rakéták indítására alkalmas indító blokk függeszthető. A légiharc rakéták helyére 12 csövű nemirányítható rakéta blokk függeszthető.

2.8. AUGUSTA A129

2.8.1. Az A129 története és változatai

Az A129-es „Mangusta” harci helikopter (24. ábra) az első nyugat-európai, specializált, páncélvadász helikopter, amely nem csak a tervezőasztalon, hanem a valóságban is elkészült és rendszerbe állt.

Először 1972-ben merült fel a gondolat az olasz hadseregben egy harci helikopter beszerzéséről. A terveket ki is dolgozták, de nagyon sokáig nem történt semmi, majd 1978-ban átdolgozták azokat és 1980-ban véglegesítették. A helikopter első kísérleti repülése 1983-ban volt és 1986-ban kezdődött a szériagyártása. A hadsereg 1990-ben kapta meg a helikoptereket.



24. ábra Augusta A129 CBT [105]

Az olasz hadsereg igényei szerint a helikoptert két feladatra kívánták alkalmazni:

⁴⁹ Forward Looking Infrared - előrenéző infravörös készülék. Tulajdonképpen a hőpelengátor.

- páncélozott célok megsemmisítésére, biztosítva az üzemeltetés lehetőségét rossz látási viszonyok között és éjszaka is;
- felderítő helikopterként, amely felderíti és megjelöli az ellenséges célokat a páncélvadász helikoptereknek, valamint a páncélvadász helikopterek kísérésére és védelmére.

A fenti feladatok végrehajtása érdekében a helikoptert fel kellett szerelni egy lőtoronyba épített gépágyúval, irányítható, páncéltörő rakétával, valamint légiharc rakétával. A következő modellek kerültek szériagyártásra:

- A129 „Mangusta” a helikopter eredeti terveknek megfelelő páncélvadász változata, gépágyú nélkül;
- A129 „International”, mind páncélvadász, mind felderítő-kísérő helikopterként is alkalmazható. Ennek megfelelően rendelkezik egy lőtoronyba beépített gépágyúval és alkalmassá tették „Hellfire” és „TOW” irányítható páncéltörő rakéták indítására is. Nagyobb teljesítményű hajtóművet kapott.⁵⁰
- A129 CBT⁵¹ az olasz hadsereg igényeinek megfelelően az A129 „International” átdolgozott változata.
- T129 az A129 CBT alapján a török hadsereg megrendelésére készült változat.⁵²

A helikopter személyzete két fő, elől az operátor, hátul kicsit magasabban a helikoptervezető ül. A sárkányszerkezet páncélozott és elviseli a 12,7 mm-es géppuskalövedékek közvetlen találatát. A helikopter kényszerleszállásának biztosítása érdekében a tervezés és gyártás során a MIL STD–1290 szerint jártak el és 11,2 m/s függőleges becsapódási sebességig biztosították a személyzet sérülésmentes túlélését. A helikopter szárnyai kompozit anyagból készültek és két-két függesztési ponttal rendelkeznek a fegyverek elhelyezésére.

A hajtóművek fűvócsöveit infravörös sugárzást csökkentő berendezéssel szerelték fel. A helikopter digitális, multiplex adatközlő IMS⁵³ rendszerrel rendelkezik, amely biztosítja az elektronikus berendezések közötti adatcserét. Az IMS rendszert két egymástól független számítógép irányítja, két interfésszel, melyek az érzékelők jeleit alakítják át. A rendszer megfelel a MIL–1553B szabványnak. A feldolgozott információ a pilóta és az operátor többfunkciós kijelzőjén is megjelenik. Ahhoz, hogy rossz látási viszonyok között és éjszaka biztosítva legyen a megfelelő navigáció az IMS kapcsolatban van a Doppler rádiólokátorral és egy rádió magasságmérővel. Az éjjellátó készülék és a tűzvezető infravörös eszköz a FLIR közös, a helikopter orrában található, infravörös adót használnak.

⁵⁰ Az A129 első változatában az egyenként 615 kW teljesítményű Rolls–Roys Gem 2–1004D hajtóművet alkalmazták, majd az A129 „International” és A129 CBT változatokba, az LHTEC T800–LHT–800 946 kW teljesítményűt.

⁵¹ CBT – ComBaT angol szóból ered, jelentése harcoló, vadász.

⁵² 2007. március 30-án kihirdették a török hadsereg helikopter tenderének győztesét, az A129 harci helikoptert.[104][119]

⁵³ IMS – Integrated Multiplex System – multiplex adatközlő rendszer

A fedélzeti elektronikai rendszerek között találjuk mind a passzív, mind az aktív önvédelmi eszközöket, többek között rádió besugárzásjelzőt, infracsapda kivetőt és rádiózavaró berendezést.

2.8.2. Az A129 fegyverzete

A helikopter fegyverzetét a négy külső függesztési pontra lehet rögzíteni. A belsők 300-300 kg, míg a külső 200-200 kg teher függesztésére alkalmasak és csuklós szerkezet segítségével 2° és 10° között változtatható a függőleges síkú beállítása. Az első A129-es páncélvadász változatban a helikoptert 8 db M-65 „TOW” irányítható, páncéltörő rakétával lehet felfegyverezni. A későbbi A129 „International”, az A129 CBT 8-8, a T129 12 db AGM-114 „Hellfire” páncéltörő rakéta különböző változatai alkalmazására is képes. Az „International” és a CBT változatok esetében lehetőség van a forgószárnyagra felszerelni a Martin-Marietta modul rendszerű célzókészüléket is. A T129 változat az Apache „Longbow” rendszer lokátorához hasonlító az IAI/ELTA (Izrael)⁵⁴ cég gyártotta milliméteres hullámhossz tartományban működő SAR⁵⁵ és ISAR⁵⁶ tulajdonságokkal is rendelkező lokátort kap a forgószárnyagra, melynek felderítési távolsága földi és tengeri célok esetén egyaránt 30 km. Ezzel a berendezéssel a helikopter a legkorszerűbb AGM-114 „Hellfire II” irányítható páncéltörő rakéták alkalmazására is képes lesz, amire a jelenleg gyártott harci helikopterek közül csak az AH-64D képes. [123][124]

Támogató feladatokra a helikopter 4 db blokkban, összesen 76 db 70 mm-es, nemirányítható rakétát alkalmazhat. Ezenkívül lehetséges még gépágyú, illetve géppuskakonténer alkalmazása is 20 mm, 12,7 mm és 7,62 mm-es változatokban, valamint „Stinger”, „Mistral”, „Javelin” légiharc rakéták függesztése is. [48][103][104]

2.9. AH-2 (CSH-2) „ROOIVALK”

Az AH-2 (CSH-2) „Rooivalk” harci helikoptert (25. ábra) a dél-afrikai Denel Aviation gyártja. A dél-afrikai hadsereg a megrendeléskor a következő követelményeket támasztotta a helikopterrel szemben:

- rendelkezzen megfelelő túlélési tartalékokkal, különösen veszélyes helyzetekben (a helikopter működőképességének megőrzése még néhány gépágyú (géppuska) találat után is, illetve a személyzet túlélésének biztosítása, még kritikus helyzetekben is.);
- gyors reakció képesség a harc feladat végrehajtása során;
- a pilóta terhelésének csökkentése, operátor alkalmazásával;
- 30 éves szolgálati idő.

A helikopter rendeltetését tekintve legyen alkalmas a következő feladatokra:

- páncélvadász feladatok ellátása;
- a szárazföldi csapatok tűz támogatása;

⁵⁴ IAI/ ELTA Israel Aerospace Industries ELTA Systems Ltd. [120]

⁵⁵ SAR – Synthetic Aperture Radar – szintetikus apertúrájú radar [121]

⁵⁶ ISAR – Inverse Synthetic Aperture Radar – inverz szintetikus apertúrájú radar [122]

→ kiegészítő feladatként: felderítés végrehajtása és kísérés biztosítása.

Az első változat kísérleti repülése 1985-ben volt, a második változat 1990-ben repült először, a harmadik, végleges változat pedig 1996-ban. A szériagyártás 1997-ben kezdődött.

A pilótafülke tandem elrendezésű, elöl az operátor, hátul pedig a helikoptervezető foglal helyet. Mindketten képesek a helikopter irányítására, amihez minden eszköz minkét munkahelyen biztosítva van. Mindketten rendelkeznek három többfunkciós LCD kijelzővel, melyeken a repülési paramétereket, a harcfeladathoz szükséges információkat láthatják, valamint sisaccélzó és megjelenítő berendezéssel, amely nem csak a fegyverek vezérlését teszi lehetővé, hanem egyben az éjjellátó készülék és a navigációs adatok megjelenítője is. Tulajdonképpen a HUD⁵⁷ sisakba szerelt változata.



25. ábra AH-2 Rooivalk [107]

A harci helikopterekre jellemző szárnyakon 3-3 db függesztési pont található, a külsők csak az önirányítású légiharc rakéták függesztésére (összesen 4 db) alkalmasak, míg a belsőkre irányítható páncéltörő rakétát és nemirányítható rakétablokkot is lehet függeszteni. [106][107][108][109][110][111]

2.10. KÖVETKEZTETÉSEK

A jelenleg a világ fegyveres erőiben üzemeltett harci helikopterek jelentős térhódításának következménye az a fejlesztési tendencia, amit az utóbbi években tapasztalhatunk. A harci helikoptereket gyártó vállalatok folyamatosan fejlesztik a már meglévő eszközüket, hogy a rohamosan fejlődő elektronikai berendezésekből, a lehető legkorszerűbbet építhessék be, így is törekedve arra, hogy piaci helyzetüket megőrizzék, illetve újabb megrendelőket tudhassanak magukénak. Jó példa erre a török helikopter tender, amelyiken minden harci helikoptergyártó részt vett, a komoly megrendelés reményében, hiszen 52 db harci helikopter leszállítása volt a tét.

⁵⁷ HUD – Head-up display – homloküveg indikátor

3. HARCIL HELIKOPTER FEDÉLZETI FEGYVEREI

A harci helikopter fedélzeti fegyverkomplexum egy igen bonyolult, összetett rendszer. Felépítésének, blokkvázlata a 26. ábrán látható. A fegyverkomplexumba beletartozik minden, ami a fedélzeti fegyverek megsemmisítő eszközeinek célba jutását segíti és biztosítja. Ilyen például a szárnyalatti tartó, vagy a rakétaindító berendezése, de ide soroljuk a földi kiszolgáló és ellenőrző berendezéseket, melyekkel a fegyver komplexum, vagy annak elemeinek működését lehet ellenőrizni. Dolgozatomban a helikopter fedélzeti tűzfegyverek és később az irányítható páncéltörő rakétarendszerek összehasonlításával kívánok foglalkozni.



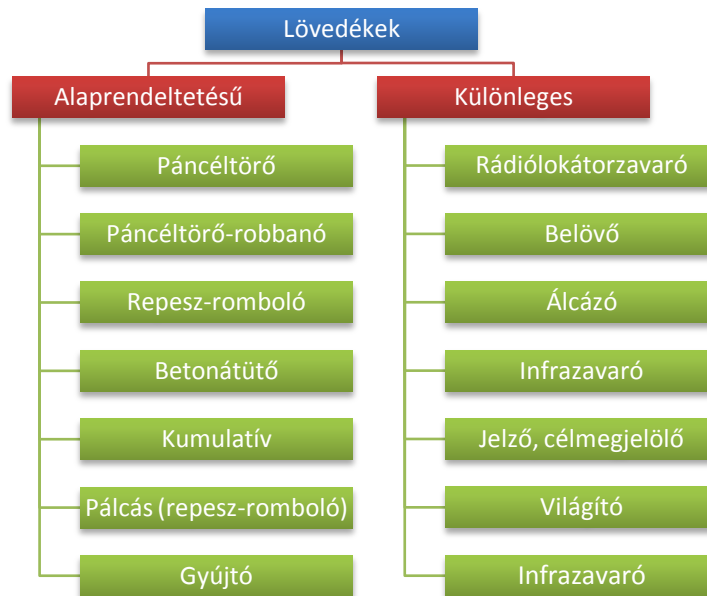
26. ábra A helikopter fedélzeti fegyverzet komplexum [32]

Ahhoz, hogy a repülőfedélzeti fegyvereket összehasonlíthassuk, szükség van azok működésének, hatásmechanizmusának ismeretére. Mivel a harci helikoptereket zárt páncélos kötelékek megbontására hozták létre, így a fegyverzetük elsősorban ezen eszközök megsemmisítésére alkalmas. A következőkben ezt kívánom áttekinteni, elsősorban a páncéltörő hatást vizsgálva, azaz a fő hangsúlyt a lövedék és az akadály, mint cél, kölcsönhatására helyezve. Ebben a részben lövedék alatt nem csak a géppuskák, géppuskák lövedékeit értjük, hanem a repülő fedélzetéről kilőtt vagy ledobott nemirányítható rakétákat és légibombákat is.

3.1. A LÖVEDÉKEK HATÁSA A CÉLRA

A harci helikopterek alapvető feladatai közé tartozik a szárazföldi csapatok, objektumok támadása. A kívánt megsemmisítő hatást a különböző hatásmechanizmusú lövedékekkel érhetjük el. A fedélzeti fegyverek lövedékeit a célra gyakorolt hatásuk, alapján a 27. ábra szerint csoportosíthatjuk.

A harci helikopterek feladata a zárt páncélos kötelékek támadása is, ezért lényeges a lövedékek hatásának vizsgálatakor a páncéltörő képességet vizsgálni. Páncéltörő, vagy páncélatütő képességről a hagyományos, tömör úgynevezett páncéltörő maggal ellátott vagy a kumulatív lövedékek esetében beszélhetünk.



27. ábra Repülőfedélzeti lőszerrendeltetés szerinti felosztása

3.1.1. Lövedékek ütőhatása

Ütőhatásnak a lövedék tömör közegbe (talaj, beton, fém stb.) csapódásának és behatolásának folyamatát nevezzük, amely az akadály roncsolását eredményezheti és nagyságát a lövedék mozgási energiája határozza meg a becsapódás pillanatában. Az ütőhatás során a cél közvetlen roncsolásán kívül lehetővé teszi még az adott közeg belsejében elhelyezkedő berendezések, lőszer, üzemanyag megsemmisítését vagy begyűjtését is. Ehhez a lövedék mozgástörvényeit ismerve a cél rombolásához legmegfelelőbb gyújtó beállítást lehet meghatározni, hogy a lövedék töltetének, rombolóhatása maximális legyen. Az ütőhatás, mint fizikai jelenség pontos ismerete feltétlenül szükséges a lövedék szilárdságának és megbízható működésének tervezéséhez, valamint a romboló, páncéltörő hatás pontos elemzéséhez, számításához is, mert a lövedék becsapódása során nemcsak a cél, hanem a lövedék is deformálódik. [17][19][21][22]

3.1.1.1. Az ütőhatás folyamata

A lövedék mozgási energiáját az ütőhatás során a következő jelenségek emésztik fel:

- közeg és a lövedék deformációja;
- közeg és a lövedék felmelegedése;
- közeg részecskéinek elmozdítása, illetve rezgésbe hozása.

A közeg deformációja nagymértékben függ annak fizikai tulajdonságaitól és a becsapódás helyétől viszonylag nagyobb távolságra is végbemehet. A becsapódás és behatolás folyamatát a rendszer dinamikusságával⁵⁸ jellemezhetjük, melyet a lövedék becsapódási, illetve behatolási sebessége (v), valamint az adott közegben a hang terjedési sebessége (c) hányadosával határozhatunk meg. [17][19][21][22]

⁵⁸ Dinamikusság – A rendszer dinamikus jellege [19][21]. A rendszer mozgási energiájából származó, ezzel kapcsolatos, ezen alapuló. [52]

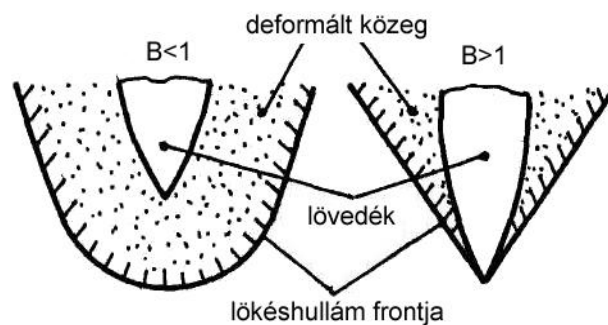
$$B = \frac{v}{c} \quad (3.1)$$

Az 2. táblázatban néhány közegben a hang terjedési sebességét soroltam fel, kiegészítve a dinamikussággal egy $v=700 \text{ m/s}$ sebességgel becsapódó lövedéket figyelembe véve. [17][19][21][22]

Közeg	c [m/s]	B (v=700 m/s)
acél	5000-6000	0,140-0,117
beton, gránit	3000	0,233
mészkö	2000	0,350
víz	1500	0,467
vizes talaj (agyag)	1500	0,467
homok	100-500	7,000-1,400
átlagos talaj	100-300	7,000-2,333
frissen hantolt föld, tőzeg	30-50	23,333-14,000

2. táblázat A hang terjedési sebessége és az ebből számított dinamikusság értékei néhány közeg esetében [17][19][153]

A lövedék ütőhatása során a páncélban (a cél anyagában) lökeshullám keletkezik, amely az anyag deformációját okozza, amit a közegre jellemző hangsebesség jelentősen befolyásol és meghatározza a lökeshullám frontjának helyét és alakját (28. ábra), aminek következtében a közeg összenyomódik és mozgásba jön. A folyamat leírásához felállítjuk a közegben mozgó lövedék mozgásegyenletét (a lövedék jellemzőit, a közeg fizikai-mechanikai tulajdonságait és a behatolás kezdeti feltételeit ismertnek tekintjük).



28. ábra A lövedék mozgása [17][19][151]

A lövedék behatolásának törvényszerűségeit a következő tényezők befolyásolják:

- a lövedék tömege;
- a lövedék fejrészének alakja;
- a lövedék és a közeg találkozási sebessége;
- a közeg fizikai-mechanikai tulajdonságai.

A vizsgálatok egyszerűsítése érdekében feltételezzük, hogy a lövedék:

- abszolút merev test;
- mozgási energiája csak a közegellenállás legyőzésére szolgál.

A lövedék tömör közegbe történő behatolásának folyamata három szakaszra osztható.

Az **első szakasz** a lövedék teljes befürödéséig tart. A lövedék és a közeg érintkezési felülete növekszik, míg el nem éri a maximumot. A közegellenállás egyre nagyobb, a lövedék sebessége csökken, a lövedék körül a közegrészecskék többnyire peremet alkotnak, csobbanásra hasonlító jelenség kíséretében az anyag kitüremkedik.

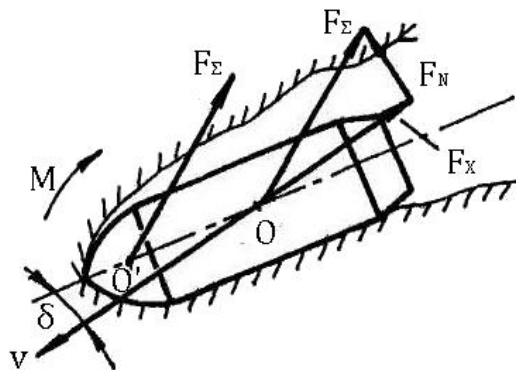
A **második szakaszban** – normális behatolás esetén – a lövedék és a közeg érintkezési felülete változatlan marad. A közegellenállás és a lövedék sebessége fokozatosan csökken. A rendszer dinamikusságának és a közeg tulajdonságainak függvényében a lövedék útját maradandó deformáció vagy rugalmas, kavitációs⁵⁹ üreg követheti. Ha a közeg megfelelően vastag, a lövedék mozgása bizonyos idő után befejeződik, mivel mozgási energiáját (a közegellenállás a közeg deformációjára fordított munka) felemészti.

A **harmadik szakasról** csak akkor beszélhetünk, ha a közeg (akadály) vastagságához képest a lövedék mozgási energiája kellően nagy és megtörténik a közeg átütése. Ez a rendszer dinamikusságának függvényében többféleképpen végbemehet, ilyenkor a közegben keletkezett lökéshullám hatására az akadály hátsó felülete kitörhet és a lövedék mozgása tovább folytatódhat.

3.1.1.2. Az akadály ellenálló ereje

A becsapódó lövedék mozgását mindhárom előbb említett szakaszban akadályozza a közegellenállás, de a mozgási energia veszteségének 90%-át a második fázis emészti fel, ezért ezt a szakaszt célszerű részletesebben megvizsgálni.

Az akadályban mozgó lövedékre a közegellenállás ereje $F_{\Sigma} = F_X + F_N$ hat a nyomásközéppontban (O'). (29. ábra) (Az ábrán O – a tömegközéppont, O' – a nyomásközéppont.)



29. ábra A lövedékre ható erők [17][19][151]

Az F_N erő a lövedék oldalirányú eltérítését okozza, a lövedék sebességvektorának \vec{v} hatásvonalán fellépő F_X erő pedig nem más, mint a homlokellenállás ereje. Mivel a

⁵⁹ Kavitációról beszélünk abban az esetben, ha a közeg rugalmassága miatt a lövedék behatolásakor – kellően nagy behatolási sebesség mellett – a közeg a lövedék mögött összezáródik és egy légüreg keletkezik. Ez a jelenség vízben figyelhető meg leggyakrabban. Lövészet szempontjából káros jelenségről van szó, mert pl. mély vízi bombák esetében az akusztikai gyújtó és a stabilizátorok működését is hátrányosan befolyásolja.

δ szög kicsi, így az $F_x \gg F_N$, tehát az F_x egyenlő a közegellenállás erejével és ezt a továbbiakban F -ként jelölöm.

Általános esetben a közegellenállás ereje három tag összegeként fogható fel:

$$F = F_1 + F_2 + F_3 \quad (3.2)$$

ahol: F_1 – a közeg dinamikus ellenállásának ereje (a közeg részecskéinek tehetetlensége határozza meg);

F_2 – a közeg viszkozitásából (dinamikus) származó erő (a közeg részecskéi között fellépő súrlódás okozza);

F_3 – a közeg statikus ellenállásának ereje (a közeg szilárdságát jellemzi, nem függ a lövedék sebességétől).

Az összetevők a következő kifejezések segítségével határozhatók meg:

$$F_1 = c_1 \cdot S \cdot \frac{\rho \cdot v^2}{2}; \quad (3.3)$$

$$F_2 = c_2 \cdot \mu \cdot d \cdot v; \quad (3.4)$$

$$F_3 = c_3 \cdot S \cdot \sigma_0, \quad (3.5)$$

ahol c_1 – a lövedék alakjától és δ állásszögtől függő együttható;

c_2, c_3 – a lövedék alakjától függő együtthatók;

S – a lövedék keresztmetszete;

d – a lövedék átmérője;

ρ – a közeg sűrűsége;

v – a lövedék mozgásának sebessége;

μ – a közeg dinamikus viszkozitási együtthatója;

σ_0 – a közeg határfeszültsége nyomásra.

Ha a lövedék sebessége v kicsi, akkor $F_2 \ll F_3$, a lövedék gyors mozgása során $F_2 \ll F_1$, így a közegellenállás erejére felírt összefüggés egyszerűsíthető:

$$F = F_1 + F_3 \quad (3.6)$$

Az F_3 erő kiemelése és a behelyettesítések elvégzése után vezessük be az alábbi jelöléseket:

$$\frac{c_1 \cdot \rho}{2 \cdot c_3 \cdot \sigma_0} = b \text{ és } c_3 \cdot \sigma_0 = A \cdot \lambda_1 \quad (3.7)$$

így a következőt kapjuk:

$$F = A \cdot \lambda_1 \cdot S \cdot (1 + b \cdot v^2) \quad (3.8)$$

ahol: $\lambda_1 = H/d$ (a lövedék fejrész hossza (H) és átmérőjének hányadosa) a behatoló lövedék fejrészének alakjától függő együttható (4. táblázat)

A – alaki együttható (lásd 3. táblázat). [17][19][21][22]

3.1.2. Behatolás szilárd, tömör közegbe

3.1.2.1. A behatolás paramétereinek meghatározása

Határozzuk meg a behatoló lövedék paramétereit: a behatolás mélysége és sebessége az idő függvényében, melyek ismeretében számítható a megsemmisítő hatás

és a gyújtó késleltetési ideje.

A vizsgálat során a következő feltételezésekből indulunk ki:

- a közegellenállás ereje a (3.8) egyenlet szerint változik;
- a lövedék helyzete az akadállyal történő találkozás pillanatában megegyezik a felületi normálissal;
- a lövedék mozgása az akadályban egyenes vonalú és $\delta = 0$;
- a behatoló lövedék nem deformálódik;
- az S felület állandó.

A fent felsoroltaknak megfelelően a lövedék mozgásegyenlete a következő [17][19][21][22]:

$$m \frac{d^2 y}{dt^2} = -F + m \cdot g \quad (3.9)$$

ahol: m – a lövedék tömege;
 y – a behatolás pillanatnyi mélysége;
 F – a közegellenállás ereje.

Ha az (3.9) egyenletet átalakítjuk és osztunk a lövedék tömegével:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -\frac{F}{m} + g \quad (3.10)$$

Mivel a lövedék akadályba hatolásakor $\frac{F}{m} \gg g$, ezért

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -\frac{F}{m}. \quad (3.11)$$

Ha felhasználjuk az (3.8) összefüggést akkor:

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = -\frac{A \cdot \lambda_1 \cdot S}{m} (1 + b v^2) \quad (3.12)$$

A becsapódás kezdeti feltételei:

$$t = 0; y = 0; \frac{dy}{dt} = v_c, \quad (3.13)$$

ahol: v_c – a páncéltörő lövedék sebessége becsapódáskor,
a paraméterek összefüggése pedig:

$$y = y(v); t = t(v). \quad (3.14)$$

Mivel

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = \frac{dv}{dy} \frac{dy}{dt} = v \frac{dv}{dy}, \quad (3.15)$$

az (3.12) egyenlet átalakítása és a felírt kezdeti feltételekkel történő integrálása után az

$$y = L_0 \cdot \ln \frac{1+b \cdot v_c^2}{1+b \cdot v^2} \quad (3.16)$$

kifejezéshez jutunk, ahol

$$L_0 = \frac{m}{2A \cdot b \cdot \lambda_1 \cdot S}; \quad (3.17)$$

ahol: L_0 – a behatolás mélysége a kezdeti feltételeknek megfelelően;
 b – behatolási együttható (lásd 3. táblázat).

A $t=t(v)$ összefüggés kifejtésekor a (3.12) képletből indulunk ki:

$$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{dv}{dt} = \frac{A \cdot \lambda_1 \cdot S}{m} (1 + b \cdot v^2). \quad (3.18)$$

Az adott kezdeti feltételek felhasználásával integrálás után kapjuk:

$$t = 2\sqrt{b} \cdot L_0 \cdot [\text{arc tg}(\sqrt{b} \cdot v_c) - \text{arc tg}(\sqrt{b} \cdot v)] \quad (3.19)$$

A lövedék behatolása során a mozgási energiája és a sebessége fokozatosan csökken, végül $v=0$ esetén eléri a teljes behatolás mélységét:

$$L = L_0 \ln(l + b \cdot v_c^2) \quad (3.20)$$

A teljes behatolás ideje:

$$T = 2\sqrt{b} \cdot L_0 \cdot \text{arc tg}(\sqrt{b} \cdot v_c) \quad (3.21)$$

A gyakorlati tapasztalatok alapján a teljes behatolás mélységének meghatározására a következő közelítő összefüggést alkalmazzuk:

$$L = \lambda k_b \frac{m}{d^2} v_c, \quad (3.22)$$

ahol: $\lambda = H/d$ (a lövedék fejrész hossza és átmérőjének hányadosa) a behatoló lövedék fejrészének alakjától függő együttható (4. táblázat);

k_b – a közeg tulajdonságaitól függő behatolási együttható (3. táblázat).

Ha adott y mélységben a behatoló lövedék sebességét kívánjuk meghatározni, akkor a levezetett összefüggések segítségével a következő képlethez jutunk:

$$v(y) = \frac{1}{\sqrt{b}} \sqrt{e^{\frac{L-y}{L_0}} - 1} \quad (3.23)$$

Hasonló módon határozhatjuk meg a közegellenállás erejét a behatolás mélysége és az idő függvényében:

$$F(y) = A \cdot \lambda_1 \cdot S (1 + b \cdot v_c^2) e^{-\frac{y}{L_0}} \quad (3.24)$$

$$F(t) = A \cdot \lambda_1 \cdot S \left(1 + t g^2 \frac{T-t}{2\sqrt{b} \cdot L_0} \right); \quad (3.25)$$

A fent alkalmazott együtthatók értékeit a következő táblázatok tartalmazzák [17][19][21][22]:

Közeg	A	b	k_b
frissen hantolt föld	4,518·106	60·10-6	17·10-6
homok	4,263·106	20·10-6	4,5·10-6
agyag	10,251·106	35·10-6	10,0·10-6
fenyőfa	11,368·106	10·10-6	6,0·10-6
tégларakás	30,968·106	15·10-6	2,5·10-6
beton	-	-	1,2·10-6

3. táblázat Az A , b , k_b együtthatók értékei [17][19][18][151]

H/d	0,0 – 0,5	0,5 – 1,0	1,0 – 1,5	1,5 – 2,0
λ	1,0	1,1	1,25	1,4
λ_1	1,1	1,0	0,9	0,8

4. táblázat A λ és λ_1 együtthatók értékei [17][19][18][151]

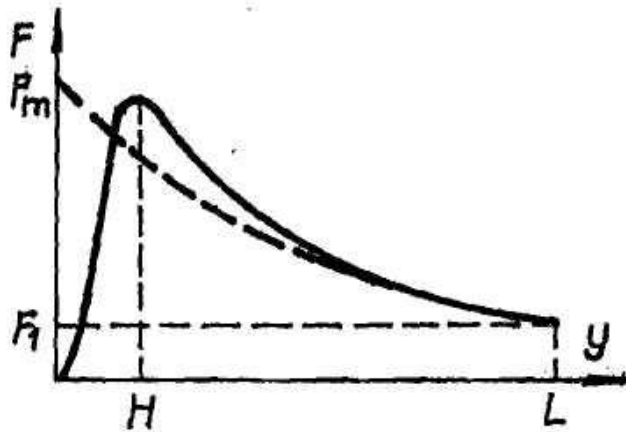
Eddig abból a feltételezésből indultunk ki, hogy a lövedék S keresztmetszete állandó. Korábban ismertetésre került a behatolás fizikai folyamata és szakaszai. A 30. ábrán grafikusán láthatjuk, hogy a valós (folyamatos vonal) a számított (szaggatott vonal) $F(y)$ görbék eltérnek egymástól. Mivel az esetek többségében $H \ll L$, ezért a nagyon rövid első szakasz elhanyagolható. A közeg valós és számított maximális ellenálló erejének eltérése szintén jelentéktelen, ezért a gyakorlati számításokban a korábban levezetett összefüggések igaznak tekinthetők.

$$F(y) = A \cdot \lambda_1 \cdot S(1 + b \cdot v_c^2) \quad (3.24)$$

A lövedék szilárdsági számításainál ismernünk kell a maximális túlterhelést:

$$n_m = \frac{F_m}{mg} \quad (3.25)$$

n_m – a lövedékre, gyújtóra ható maximális túlterhelés.



30. ábra A közegellenállás ereje [17][18][151]

A gyújtók számításainál pedig a túlterhelési tényezőt kell ismernünk a behatolási mélység (y) és az idő (t) függvényében:

$$n(y) = \frac{F(y)}{m \cdot g} \quad (3.26)$$

$$n(t) = \frac{F(t)}{m \cdot g} \quad (3.27)$$

ahol $n(y)$ – túlterhelési tényező a behatolási mélység függvényében;

$n(t)$ – túlterhelési tényező az idő függvényében.

$F(y)$ és $F(t)$ számítást lásd a (3.22, 3.23) összefüggések alapján. [17][19][21][22]

3.1.2.2. Behatolás réteges akadályba

Az esetek többségében olyan speciális feladatot kell számítás útján megoldani, mint a lövedékek behatolása bizonyos fődémszerkezetekbe vagy más védőberendezésbe, melyek szerkezete réteges és az egyes rétegek fizikai-mechanikai tulajdonságai nagymértékben eltérnek egymástól. Ilyen speciális behatolás a heterogén páncél átütése is. Az egyes rétegekre jellemző A és b együtthatókat a réteg sorszámának megfelelő indexszel jelöltem. (31. ábra) A behatoló lövedék paramétereinek (m, d, A) ismeretében számíthatók az $L_{01}, L_{02}, \dots, L_{0i}$ értékek. A (3.20) és (3.21) ösz-

szefüggések segítségével meghatározzuk az első közegre jellemző, feltételezett teljes behatolás mélységét és idejét:

$$L_1 = L_{01} \cdot \ln(1 + v_c^2), \quad (3.28)$$

$$T_1 = 2\sqrt{b_1} \cdot L_{01} \cdot \operatorname{arc\,tg}(\sqrt{b_1} \cdot v_c). \quad (3.29)$$

Az (3.23) képlet segítségével meghatározhatjuk a h_1 vastagságú első réteget elhagyó lövedék sebességét:

$$v_1 = \frac{1}{\sqrt{b_1}} \cdot \sqrt{e^{\frac{L_1 - h_1}{L_{01}}} - 1}, \quad (3.30)$$

és az (3.19) felhasználásával az áthatolás idejét:

$$t_1 = T_1 - 2\sqrt{b_1} \cdot L_{01} \cdot \operatorname{arc\,tg}(\sqrt{b_1} \cdot v_1). \quad (3.31)$$

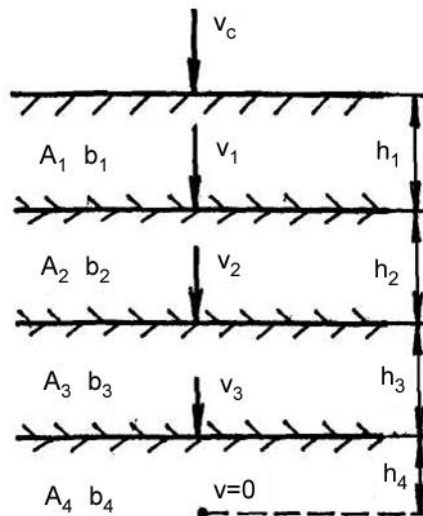
A számított v_1 sebesség a második rétegbe hatoló lövedék kezdősebessége lesz, így:

$$L_2 = L_{02} \cdot \ln(1 + \sqrt{b_1} v_1^2); \quad (3.32)$$

$$T_2 = 2\sqrt{b_2} \cdot L_{02} \cdot \operatorname{arc\,tg}(\sqrt{b_2} v_1); \quad (3.33)$$

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{b_2}} \sqrt{e^{\frac{L_2 - h_2}{L_{02}}} - 1}; \quad (3.34)$$

$$t_2 = T_2 - 2\sqrt{b_2} \cdot L_{02} \cdot \operatorname{arc\,tg}(\sqrt{b_2} v_2). \quad (3.35)$$



31. ábra Behatolás réteges akadályba [17][19][151]

A számítást addig folytatjuk, míg az i -edik rétegre teljesül az $L_i < h_i$ feltétel, ami a lövedék teljes megállásáról tanúskodik. A behatolás teljes mélysége és ideje [17][19][21][22]:

$$L = h_1 + h_2 + \dots + h_{i-1} + h_i; \quad (3.36)$$

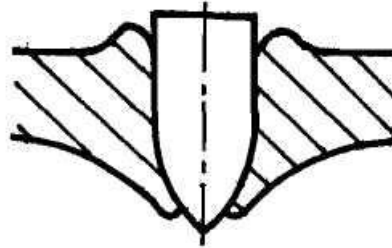
$$T = t_1 + t_2 + \dots + t_{i-1} + t_i. \quad (3.37)$$

3.1.2.3. A páncéltörő hatás

A lövedékek behatolásának sajátos formája a páncéltörő hatás, aminek megkülönböztetett vizsgálatát a közeg nagy szilárdsága okozza.

A fizikai folyamatok és a gyakorlati tapasztalatok alapján megállapítható, hogy a páncéltörő hatás függ:

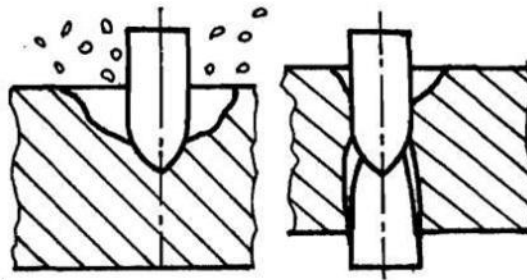
- a páncél tulajdonságaitól;
- a lövedék fejrészének alakjától és szilárdságától;
- a becsapódási szögtől és sebességtől.



32. ábra A kiskeménységű páncél lyukasztása [17][18][151]

Az alkalmazott páncélok két fő típusra oszthatók:

- homogén páncél;
- heterogén páncél.



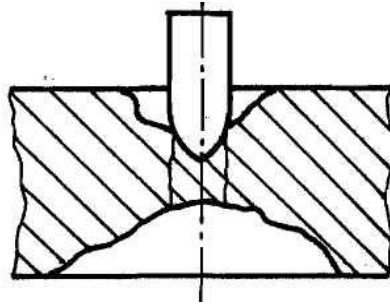
33. ábra Közepes keménységű páncél átütése [17][18][151]

A homogén páncél szilárdságtani tulajdonságai és viszkozitása az egész vastagságban azonosak. Természetesen az egyes páncélok keménysége különböző lehet, így megkülönböztetünk alacsony-, közepes- és nagykeménységű homogén páncélt. Átütésükre leggyakrabban hegyes fejrésszel rendelkező, nagyszilárdságú lövedékeket alkalmaznak. A lövedék behatolása során a kiskeménységű páncél ($210-280 HB^{60}$ szerint) plasztikus deformációt (32. ábra) szenved és a lövedék mellett kitüremkedik, a belső felületén pedig kidomborodás keletkezik, amely a lövedék további mozgásakor átszakad.

A lövedék közepes keménységű ($281-360 HB$) páncélba csapódása esetén a páncél (33. ábra) felülete kagylósan, szilánkosan roncsolódik, kráter keletkezik. A lövedék további mozgása során a páncél deformációja nyíró jellegű, anyagából dugó keletkezik, melyet a tovább mozgó lövedék a páncélból kiüt. A nagykeménységű ($361-560 HB$) páncél (34. ábra) átütése csak az utolsó fázisban tér el a közepes ke-

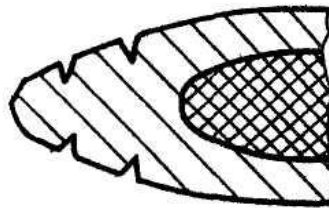
⁶⁰ HB – Brinell-féle keménység meghatározási módszer jelölése. Ennek során egy D átmérőjű edzett acél -, vagy keményfém golyót F terheléssel meghatározott ideig a vizsgálandó anyagba kell nyomni, és a terhelés megszüntetése után a benyomódás átmérőjét (d) meg kell mérni.

ménységűtől. A lövedék áthaladásakor a páncél belső felületének viszonylag nagy darabja is kitörik, kiszakad. [17][19][21][22]



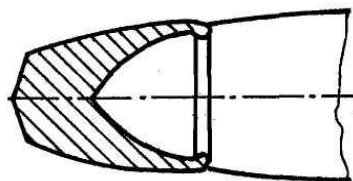
34. ábra Nagykeménységű páncél átütése [17][18][151]

A nagykeménységű homogén páncél átütésekor még a megnövelt szilárdságú lövedék fejrész is erősen deformálódik, hatékonysága jelentősen csökken. A megoldását a 33. ábrán látható kialakítás jelentheti, ahol a páncéltörő lövedék acélmagjára speciálisan tompított és feszültséggyűjtő hornyokkal ellátott köpenyt erősítenek. A köpeny és az acélmag keménysége nem egyforma, általában a mag a keményebb. A behatolása során a köpeny roncsolódik és leválik, de az acélmag megőrzi épségét és páncéltörő képességét.



35. ábra Védőköpeny alkalmazása [17][18][151]

A homogén páncéllal ellentétben a heterogén páncél szerkezete réteges, a felső, cementált réteg a páncél teljes vastagságának 15-40%-át képezi és rendkívül kemény és rideg. A második réteg jellemző tulajdonsága a szívósság. E két réteg kombinációja biztosítja a heterogén páncél speciális ellenálló képességét és ennek köszönhetően szilárdsága nagyobb, mint a homogén páncélé ezért áttörésére tompított, vagy páncéltörő hegygel ellátott lövedékeket alkalmaznak. A kemény, rideg anyagból készült törőhegy átüti a cementált réteget, ezáltal maga is roncsolódik, de megvédi a lövedéket a deformációtól (36. ábra). A további folyamat a kis- és közepes keménységű homogén páncél átütésénél tárgyaltak szerint zajlik le.



36. ábra Páncéltörő lövedék [17][18][151]

A lövedék páncéltörő képességét az

$$m \frac{dv}{dt} = -F(y, v) \quad (3.38)$$

mozgásegyenlet $y=0$, $v=v_c$ kezdeti feltételekkel történő megoldásával és kísérleti eredmények segítségével lehet értékelni.

Az adott b vastagságú páncél áttöréséhez szükséges sebességet a következő összefüggés segítségével számíthatjuk ki [17][19][21][22]:

$$v_c = K \cdot \frac{d^{0,75} b^{0,7}}{m^{0,5} \sin \theta_c} \text{ [m/s]} \quad (3.39)$$

ahol v_c – a páncéltörő lövedék szükséges sebessége becsapódáskor;

K – a páncél és a lövedék tulajdonságaitól függő együttható (számértéke homogén páncélra 1600-2000, heterogén páncélra pedig 2000-3000)⁶¹;

d – a lövedék átmérője, [dm];

m – a lövedék tömege, [kg];

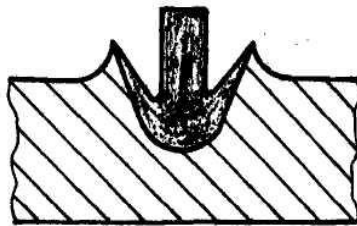
b – a páncél vastagsága, [dm];

θ_c – a becsapódás szöge (a páncél felülete és a lövedék hossz tengelye között mért 90° vagy annál kisebb szög);

$F(y, v)$ – a közegellenállás ereje. [17][19][21][22]

3.1.3. A lövedékek becsapódásának sajátosságai - Nagysebességű lövedékek ütőhatása

A harci repülőgépek között találunk olyan típust, amelyek a hangsebesség többszörösével képesek repülni, így a fedélzetükről kilőtt lövedékek – különösen találkozó légi harc esetén – jelentős sebességgel csapódnak a célba. Az ilyen nagy sebességű becsapódásokat külön kell vizsgálni, mert a korábban tárgyaltak már nem minden esetben igazak. Az eddigi számítások során, a behatolás paramétereinek meghatározásakor feltételeztük, hogy a lövedék nem deformálódik, ami $v > 1500$ m/s esetén már nem helytálló, így a korábban használt összefüggések már valótlan eredményt adnak.



37. ábra A lövedék nagysebességű becsapódása [17][18][151]

A nagy sebességű lövedék becsapódásakor $10\,000$ MPa nagyságrendű nyomás jön létre a találkozási felületen, ezért mindkét közeg megolvad. A továbbiakban a folyamat úgy vizsgálható, mintha a lövedék hosszával megegyező, v sebességű folyékony fémsugar találkozna a folyékony halmazállapotú akadállyal. A behatolás so-

⁶¹ A forrás irodalomban a K együtthatót mértékegység nélküli számként találtam csak meg, de ha megvizsgáljuk az (3.39) egyenletet, az csak akkor lehet igaz, ha $K \left[\frac{\text{kg}^{0,5} \cdot \text{m}}{\text{m}^{0,75} \cdot \text{m}^{0,7} \cdot \text{s}} \right]$ mértékegységgel rendelkezik.

rán a közeg a fémsugár anyaga a szabad felszín irányába nagy sebességgel kifolyik és kráter keletkezik (37. ábra). A kráter mélysége függ a behatoló lövedék hosszától, szélessége pedig a találkozási sebességtől. A hidrodinamika elméletének felhasználásával meghatározható az átüthető páncél vastagsága [17][19][21][22]:

$$L = L_l \sqrt{\frac{\rho_l}{\rho_p}} \quad (3.40)$$

ahol L_l – a lövedék hossza;
 ρ_l – a lövedék sűrűsége;
 ρ_p – a páncél sűrűsége.

A (3.40) összefüggés levezetésekor, a behatolás folyamatát már befejezettnek tekintjük. A gyakorlatban a megolvadt akadály részecskéi – tehetetlenségüknél fogva – mozgásukat még egy ideig folytatják, mélyítve, szélesítve a keletkezett krátert. Ezt a fázist a közeg utóhatásának nevezzük. Az átüthető páncél vastagsága ΔL értékkel növekszik [17][19][21][22]:

$$\Delta L = \sqrt[3]{\frac{\rho_p \cdot v_c^2}{\sigma_{p \text{ lim}}}}, \quad (3.41)$$

ahol $\sigma_{p \text{ lim}}$ – a páncél folyási határfeszültsége.

Ha a becsapódás sebessége a néhány ezer m/s-ot is meghaladja, robbanáshoz hasonló jelenség zajlik le, a hatalmas nyomás következtében a lövedék és környezete rendkívül rövid idő alatt felmelegszik és gyorsan elpárolog. Ha az ütőhatást értékelni kívánjuk, akkor az akadály felszínén végrehajtott $m=m_e$ ekvivalens tömegű robbanóanyag robbanásának hatását kell vizsgálnunk, azzal a feltételezéssel, hogy a lövedék kinetikai energiája egyenlő a fiktív robbanóanyag potenciális energiájával [17][19][21][22]:

$$\frac{m \cdot v_c^2}{2} = m_e \cdot Q_r, \quad (3.42)$$

ahol m – a lövedék tömege;
 m_e – a fiktív robbanóanyag ekvivalens tömege;
 Q_r – a fiktív robbanóanyag fajlagos energiája;
 v_c – a lövedék és az akadály találkozási sebessége.

A fiktív robbanóanyag fajlagos energiája az előző összefüggés alapján:

$$Q_r = \frac{v_c^2}{2}. \quad (3.43)$$

Mivel a trinitrotoulol, közismertebb nevén a trotil vagy TNT a legelterjedtebb és leggyakrabban alkalmazott robbanóanyag, ezért célszerű a fiktív robbanóanyag trotilegyenértékét⁶² meghatározni. Ehhez ismernünk kell a trotil fajlagos energiáját ($Q_{rt}=4,1 \cdot 10^6 \text{ m}^2/\text{s}^2$). Ennek megfelelően a trotilegyenérték a következő [17][19][21][22]:

$$m_{et} = m_e \frac{Q_r}{Q_{rt}}. \quad (3.44)$$

⁶² trotilegyenérték – ekvivalens tömegű robbanóanyag, mely robbanása során a potenciális energiája egyenlő a becsapódó lövedék kinetikai energiájával.

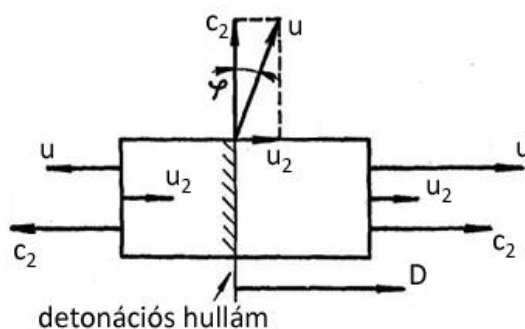
3.1.4. Lövedékek kumulatív hatása

Kumulatív hatásnak (kumulációnak) nevezzük a robbanás energiájának speciális koncentrációját egy adott irányban. Ahhoz, hogy ezt a folyamatot megértsük meg kell vizsgálnunk a robbanástermékek szétrepülésének folyamatát és a robbanástermékek irányíthatóságát. [17][19][21][22]

3.1.4.1. A robbanástermékek szétrepülése és a töltet robbanási mezejének irányítása

A robbanástermékek szétrepülési sebességének nagyságát és irányát a következőképpen lehet meghatározni.

A robbanási hullám⁶³ vagy detonációs hullám frontján a robbanástermékek a hullám hatása nélkül c_2 sebességgel, a robbanóanyag felületére merőlegesen repülnének szét a nyomás hatására. (38. ábra) A robbanási hullám hatására u_2 sebességgel mozognak a hullám haladási irányának megfelelő irányba.



38. ábra A robbanástermékek szétrepülése [17][18][151]

Általános esetben az u_2 és c_2 sebességeket a következőképpen határozhatjuk meg:

$$u_2 = \frac{D}{n+1}; c_2 = \frac{n}{n+1}D \quad (3.45)$$

ahol D – a robbanótöltetre jellemző detonációs sebesség, ami a robbanóanyag sűrűségétől függ. Ha növekszik az adott robbanóanyag sűrűsége, növekszik annak detonációs sebessége. (Pl.: az 1600 kg/m^3 sűrűségű trotil esetében a detonációs sebesség 6900 m/s).

u_2 – a robbanástermékek szétrepülésének sebessége a robbanási hullám hatására. Iránya a robbanási hullám sugarának irányával esik egybe.

c_2 – a robbanástermékek szétrepülésének sebessége a robbanási hullám hatása nélkül, a nyomás hatására. Iránya merőleges a palást felületére;

n – politropikus kitevő. A robbanás termékekre $n=3$. [17][19][21][22]

Ha figyelembe vesszük a politropikus kitevő értékét $n=3$ akkor a következőket kapjuk:

$$u_2 = \frac{1}{4}D; c_2 = \frac{3}{4}D \quad (3.46)$$

A robbanástermékek szétrepülésének sebessége a töltet jobb oldali végén (38. ábra) a

⁶³ robbanási vagy detonációs hullám – a töltet (robbanóanyag) kémiai átalakulásakor az anyag belsőjében nagy sebességgel végig haladó nyomáshullám. Az inicializálás (indítás) helyétől kiindulva gömb hullám formájában terjed.

detonációs hullám hatására egyenlő a detonációs sebességgel, D -vel [17][19][21][22]:

$$u = u_2 + c_2 = \frac{1}{4}D + \frac{3}{4}D = D, \quad (3.47)$$

a töltet bal oldalán pedig:

$$u = u_2 - c_2 = \frac{3}{4}D - \frac{1}{4}D = \frac{1}{2}D. \quad (3.48)$$

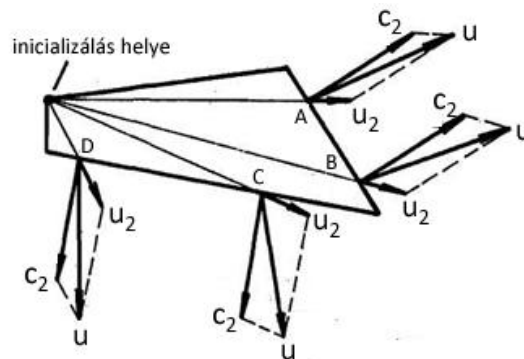
A robbanástermékek szétrepülésének sebessége a töltet felületéről (a 38. ábra szerint felfelé):

$$u = \sqrt{u_2^2 + c_2^2} = \sqrt{\frac{D^2}{16} + \frac{9 \cdot D^2}{16}} \cong 0,8 \cdot D \quad (3.49)$$

iránya pedig:

$$\varphi = \arctg \frac{u_2}{c_2}. \quad (3.50)$$

Ha a robbanás levegőben történik, szilárd robbanóanyagokra a $\varphi \cong 18^\circ$. Ezek a következtetések lehetővé teszik, hogy meghatározzuk bármilyen alakú töltet felszínéről a robbanástermékek szétrepülésének irányát és nagyságát. Ezt oly módon tehetjük meg, hogy az inicializálás⁶⁴ helyéből kiindulva húzunk egy egyenest – egy robbanási sugarat – a töltet felszínének egy adott pontjába, majd a pontból kiindulva felvesszük az $u_2 = \frac{1}{4}D$ értéket. Majd az adott pontban állítsunk merőlegest és vegyük fel rá a $c_2 = \frac{3}{4}D$ értéket. A c_2 és u_2 sebességek vektoriális összege meghatározza a robbanástermékek szétrepülésének sebességének u nagyságát és irányát (39. ábra). [17][19][21][22]



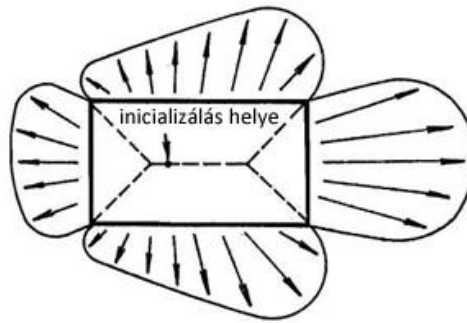
39. ábra A robbanástermékek szétrepülésének iránya [17][18][151]

3.1.4.2. A robbanási mező irányítása

A töltet **robbanási mezeje** a töltetet körülvevő meghatározott térrész, amelynek minden pontjában a robbanástermékek szétrepülésére jellemző paraméterek sűrűség, nyomás, sebesség és irány értékei egyértelmű kapcsolatban vannak. A megsemmisítő, vagy pusztító eszközök jelentősebb részében a robbanás termékek tágulási energiáját nem rombolásra használjuk fel, hanem különböző testek (pl. repeszek, pálcák) hajtására, úgynevezett repeszhatás létrehozására. Ahhoz, hogy egy megsemmisítő eszköz, egy lövedék esetében elérjük a kívánt hatást robbanási mezejét irányítani, vagyis az energia eloszlását szabályozni kell. Ez azt jelenti, hogy a kívánt irányban növelni, míg

⁶⁴ inicializáló – más robbanóanyag robbanási folyamatát beindító

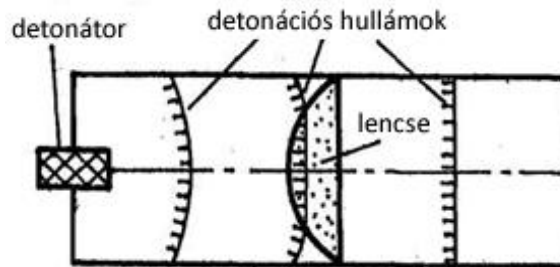
az ellentétesben pedig csökkenteni kell a robbanás energiáját (40. ábra).



40. ábra Robbanási mező irányítása az inicializálás helyének megváltoztatásával [17][18][151]

Mivel a robbanástermékek szétrepülési irányát a robbanási sugár és a töltet felszíne közötti szög határozza meg, a töltet alakjának és az iniciálás helyének változtatásával irányítani lehet a robbanástermékek szétrepülését, vagyis a robbanás mezejét úgy, hogy valamilyen irányban koncentráljuk vagy dekoncentráljuk a robbanási energiát.

A lineáris töltetek⁶⁵ robbanástermékei szétrepülésének jellegére a következő tulajdonságokat állapíthatjuk meg. Abban az irányban, amelyben a detonációs hullám nagyobb utat tesz meg az inicializálás helyétől a töltet végéig, a robbanás termékek kisebb tömege fog szétrepülni nagyobb sebességgel és nagyobb robbanási energiámmal. Az idő függvényében – a robbanástermékek szétterjedése miatt – a térben az energia különböző irányokban kiegyenlítődik. [17][19][21][22]



41. ábra Lencse hatása a robbanási hullámra [17][18][151]

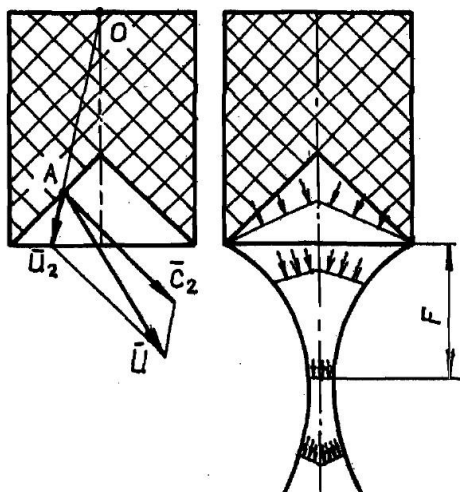
A robbanási mező irányításának másik módja mikor a detonációs hullám alakját kívánjuk megváltoztatni. Mivel a detonációs hullám gömbhullámok alakjában terjed, ami bizonyos esetekben káros lehet pl. légi harc rakéták esetében, a pálcás harcírészekben, eltörheti a pálcákat, így rontva a hatásosságukat. A robbanási hullám alakját módosítani lehet összetett töltetek segítségével. Ez lehet például a legelterjedtebb lencse alakú töltet (41. ábra). A lencse alakját, elhelyezkedését az elérendő detonációs hullám alakja határozza meg. [17][19][21][22]

⁶⁵ Hengeres, vagy hasáb alakú töltetek, melyekben a robbanóanyag nem tartalmaz semmi féle speciális betétet, vagy formát.

3.1.4.3. A kumulatív hatás

Vizsgáljuk meg egy 0 pontban inicializált, másik végén kúp alakú kumulatív vájattal ellátott hengeres robbanótöltet robbanási folyamatát (42. ábra). Ha az iniciálás helyétől a kumulatív vájat palástjához úgynevezett robbanási sugarakat húzunk, a robbanástermékek a palást bármely pontjától a töltet hossz tengelyének irányába repülnek. A robbanástermékek elemi sugarai⁶⁶ összeütköznek, a bennük lévő részecskék tömörödnek és nagyon erős gázáramlatot, úgynevezett kumulatív sugarat hoznak létre.

A kumulatív sugár legkisebb keresztmetszetét kumulatív fókuszsnak, távolságát a kumulatív vájat alapjától pedig fókusz távolságnak F nevezik. A robbanástermékek paramétereinek számértéke a fókuszban a legnagyobb, a nyomás 100 000 MPa nagyságrendű és a sűrűség is maximális; a hőmérséklet 6000-7000 K, a sebesség pedig 12-15 km/s. A kumulatív sugár hossza alapvetően a kumulatív vájat formájától és méreteitől függ. Adott formával rendelkező kumulatív vájat esetén a fókusz távolságot a robbanóanyagra jellemző detonáció sebessége is jelentősen befolyásolja. A fókusz távolságon túl a nagy nyomású robbanástermékek tágulása miatt a kumulatív sugár gyorsan széteszlik.



42. ábra A kumulatív hatás kialakulása [17][18][151]

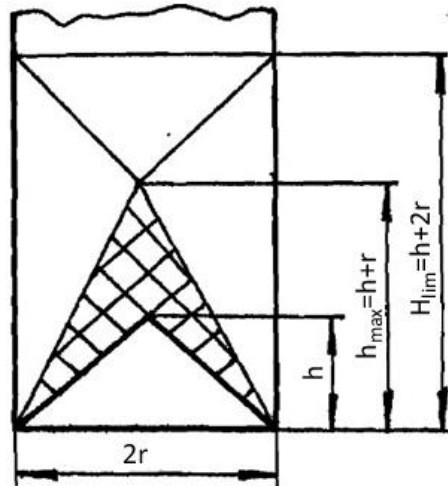
A kumulatív töltet robbanásakor ugyanúgy, mint a közönséges töltet esetén a robbanástermékek szétrepülése a töltet egész felületéről megy végbe, így a kumulatív sugár kialakításában a robbanóanyagnak csak az a része vesz részt, melynek robbanástermékei a kumulatív vájat oldaláról repülnek szét. A töltetnek ezt a részét kumulálódó aktív résznek nevezik. A kísérletek és a számítások is igazolják [19], hogy az aktív rész tömege csak bizonyos határig függ a töltet hosszától. H_{lim} értéknél az aktív rész térfogata maximális térfogata a 43. ábrán bemutatott példából kiindulva [17][19][21][22]:

$$H_{lim} = h + 2r \quad (3.51)$$

ahol: h – a kumulatív vájat mélysége;

r – a hengeres töltet sugara.

⁶⁶ elemi sugár – egy elemi pontból szétrepülő robbanás termék.

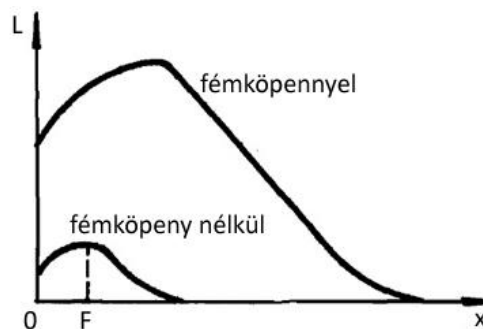


43. ábra A töltet aktív része [17][18][151]

Az aktív rész maximális vastagsága a töltet hossz tengelyének irányában megegyezik a töltet sugarával. A kumulatív vájat alapja átmérőjének (a töltet átmérőjének) növelésével a kumulatív hatás egy bizonyos határig szintén növekszik, mivel az aktív rész térfogata a töltet sugarával arányos.

A kumulatív sugár páncéltörő és inicializáló hatását az akadállyal (töltettel) érintkező felületen létrejött rendkívül nagy nyomás, a gyújtó hatását pedig a sugár magas hőmérséklete eredményezi.

A kumulatív töltet hatásossága lényegesen megnövekszik, ha a kumulatív vájatot fémköpeny (bélés) borítja. A 44. ábra az átüthető páncél vastagságát (L) mutatja, a páncél és a kumulatív töltet távolságának (x) függvényében, fémköpennyel és anélkül.

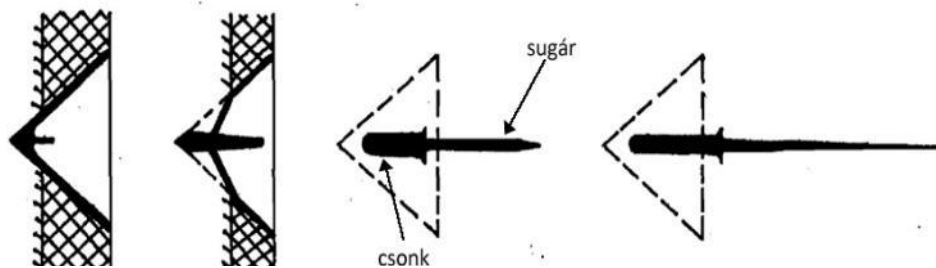


44. ábra Fémköpeny hatása [17][18][151]

Az ábrából is látszik, hogy a töltet az F -fókusz távolságban rendelkezik a legnagyobb átütő képességgel. A fémköpennyel ellátott kumulatív töltet 5-6-szor vastagabb páncélt képes átütni. A megnövekedett kumulatív hatás a következőképpen magyarázható:

- a kumulatív sugár nem a robbanástermékekből, hanem a fémköpeny anyagának egy részéből képződik, aminek sűrűsége lényegesen nagyobb;
- a kumulatív sugár hosszabb, mint ugyanolyan geometriai méretekkel rendelkező bélés nélküli kumulatív töltet robbanása esetén.

A kumulatív sugár kialakulásának folyamata a 45. ábrán látható. A detonációs hullám hatására a köpeny anyaga kinyomódik a tengely mentén és hamarosan két részre bomlik:



45. ábra A kumulatív sugár kialakulása [17][18][151]

- A **kumulatív sugár** a fémköpeny szabad felületéből képződik (a bélés tömegének 6-20 %-át alkotja) és sebessége 3-11 km/s között változik. A sugár mentén a sebesség gradiense jelentős, a kumulatív sugár gyorsan megnyúlik. A fémköpeny csúcsából kialakuló fejrész sebessége a legnagyobb, mivel a töltet robbanásakor részecskéi kapták a legnagyobb impulzust. A kumulatív sugár maximális hosszát ebben az esetben a kumulatív töltet fókusztávolságának nevezik. A maximális páncéltörő hatás fókusztávolságban érhető el. A kumulatív sugár további széthúzódnása során a csonktól elválik és szétszakadozik;
- A **csonk** a fémköpeny töltettel határos részéből alakul ki és magában foglalja a bélés alapvető tömegét. Bár a csonk sebessége viszonylag kicsi (500-1000 m/s), egy ideig a kumulatív sugárral szerves egységet alkot. [17][19][21][22]

A kumulatív töltet egyik legfontosabb technikai jellemzője annak fókusztávolsága, amitől nagymértékben függ a páncéltűrő képesség. A kumulatív lövedékek elleni védekezéskor is fontos szerepe van a fókusztávolságnak, ezért találkozhatunk a páncélozott harcjárműveken kiegészítő páncélzattal. Ez egy egyszerű, kellő vastagságú acél lemez, amit néhány cm távolságra felszerelnek a harcjármű páncélzatára, így a kumulatív töltet becsapódásakor nem lesz képes átütni a harcjármű páncélzatát, mert a kiegészítő páncél távolabb tartja azt.

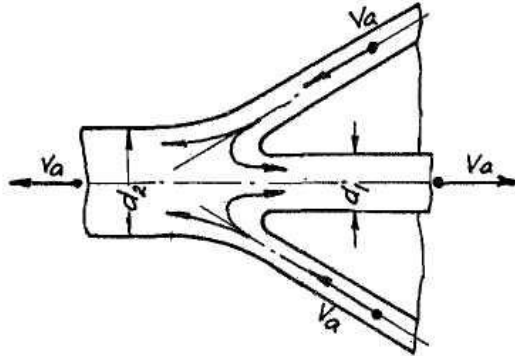
3.1.4.4. A kumuláció hidrodinamikai elmélete

A hidrodinamika elmélete alapján, ideális körülmények között, mikor összenyomhatatlan, belső súrlódásuktól mentes folyadékot vizsgálunk energiavesztés nem következik be. A folyamat entrópia változása nélkül megy végbe és ebből következően teljes mértékben megfordítható.

A fentebb leírtak alapján két azonos átmérőjű és v_a sebességű hengeres alakú folyadéksugár összeütközésekor a folyadék – mozgási irányukra merőlegesen – korongalakban szétfolyik. Mivel a folyamat energia veszteség nélkül megy végbe, így a beáramló és a kiáramló sebesség azonos. Ha az összeütköző sugarak átmérője különböző, akkor a szétáramló folyadék elhajlik a nagyobb átmérőjű sugár mozgásának irányában és korong helyett kúpos felszín hoz létre.

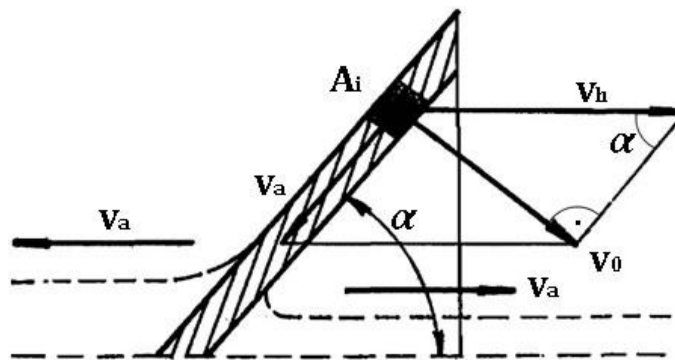
Mivel a hidrodinamikai folyamat ideális körülmények között zajlik le a jelenség teljes egészében megfordítható: a kúp alakú felszín csúcsához áramló folyadék a kúp szimmetriatengelyén elágazik és két, ellenkező irányban áramló sugarat hoz

létre (46. ábra). A be- és kiáramló folyadéksugarak sebessége v_a azonos. Mivel a kúppaláston áramló folyadék sebességvektorának a kúp szimmetriatengelyére eső vetülete irányában a folyadéksugár átmérője d_2 , vastagabb, mint ellenkező irányban a d_1 átmérő, így a szétáramló folyadékok tömege is különböző.



46. ábra Folyadéksugarak találkozása [17][19][18][151]

A fémbéléssel ellátott kumulatív töltet robbanásakor olyan nagy nyomás keletkezik, hogy a fém szilárdsági erői elhanyagolhatók és a megolvadt bélés ideális, összenyomhatatlan folyadéknak tekinthető. A fenti megközelítés értelmében a fémbélés deformációjának vizsgálatakor alkalmazni lehet a hidrodinamika elméletét, így a jelen pontban ismertetett folyamatok a kumulatív sugár és a csonk kialakulásának magyarázatához felhasználhatók. A robbanástermékek nyomásának hatására a bélés minden eleme A_i (47. ábra) a felületi normáliszhoz közeli irányban v_0 sebességgel összenyomódik (a valóságban ez a sebesség a kúp csúcsától távolodva csökken, mivel azok a részecskék a robbanástermékektől egyre kisebb impulzust kapnak). [17][19][21][22]



47. ábra A folyadéksugarak sebességviszonyai [17][19][18][151]

A v_0 sebességet két összetevőre lehet felbontani (47. ábra):

- a töltet szimmetriatengelyével párhuzamos, haladó mozgásra, v_h (hajítás⁶⁷)
- és a kúp alkotójával megegyező irányú sebességre v_a .

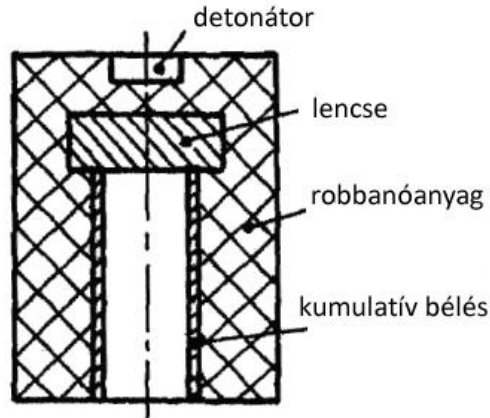
A 47. ábra alapján a komponensek meghatározhatók:

$$v_h = \frac{v_0}{\sin \alpha} \quad (3.52)$$

⁶⁷ hajítás – robbanóanyag segítségével haladó mozgás létrehozása, pl.: gépágyú lövedék mozgásra kényszerítése

$$v_a = v_0 \cdot \operatorname{ctg} \alpha \quad (3.53)$$

ahol α a kumulatív vajat szimmetriatengelye és a kúppalást által bezárt szög.



48. ábra Hengeres kumulatív bélés [17][18][151]

A kumulatív sugár (v_s) és a csonk (v_{cs}) abszolút sebessége álló koordináta-rendszerben:

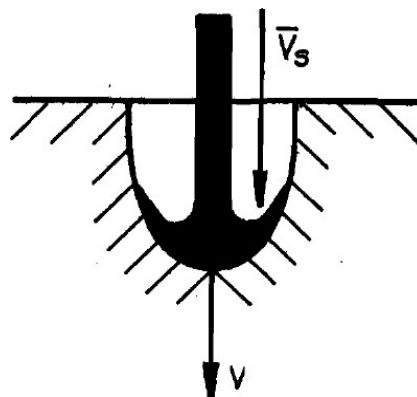
$$v_s = v_h + v_a = v_0 \frac{1 + \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (3.54)$$

$$v_{cs} = v_h - v_a = v_0 \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} \quad (3.55)$$

A (3.54 és 3.55) összefüggésekből látható, hogy a kumulatív sugár sebessége v_s az α szög csökkentésekor növekszik. Hengeres könnyűfém csövet fémbélésként alkalmazva ultrasebességű kumuláció hozható létre. Masszív lencse (48. ábra) és kellő vastagságú robbanóanyag segítségével a hengeres kumulatív bélés mentén az összenyomás optimálisához közeli feltételeit lehet létrehozni. A kumulatív sugár fejrészének sebessége ebben az esetben elérheti a néhány tízezer km/s értéket is (berilliumból készült bélés esetén a sugár maximális sebessége 90 km/s). [17][19][21][22]

3.1.4.5. A kumulatív töltetek páncéltörő hatása

A kumulatív lövedékek hatásai közül a páncéltörő hatás a legjelentősebb (hiszen létrehozása is e célból történt).



49. ábra A páncél áttörése [17][18][151]

A kumulatív sugár és a páncél találkozásakor egyre mélyülő üreg keletkezik, melynek oldalán a páncél és a sugár anyaga – a kumulatív sugár mozgásával ellentétes

irányban – kifolyik. (49. ábra) Az üreg mélységének változási sebessége kisebb lesz, mint a kumulatív sugár sebessége ($v_{\ddot{u}} < v_s$). A kumulatív sugár páncélra gyakorolt nyomása Bernoulli egyenlete értelmében:

$$p_s = \rho_s \frac{(v_s - v_{\ddot{u}})^2}{2} \quad (3.56)$$

ahol: ρ_s – a kumulatív sugár sűrűsége.

A páncél kumulatív sugárral szembeni ellenállása:

$$p_p = \rho_p \frac{v_{\ddot{u}}^2}{2} \quad (3.57)$$

ahol: ρ_p – a páncél sűrűsége.

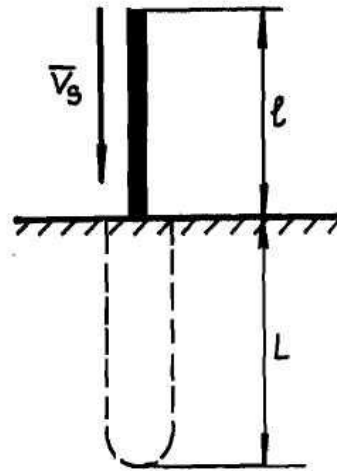
Mivel $\rho_s = \rho_p$ és acél fémbélést feltételezve egyszerűen meghatározható az üreg mélységének változási sebessége (a páncéltörés sebessége):

$$v_{\ddot{u}} = \frac{v_s}{1 + \sqrt{\frac{\rho_p}{\rho_s}}} = \frac{1}{2} v_s \quad (3.58)$$

Határozzuk meg a kumulatív sugár által kivájt üreg mélységét, vagyis az átüthető páncél maximális L vastagságát. A sugár páncélon történő áthatolásának (a kumuláció) ideje:

$$t_k = \frac{L}{v_{\ddot{u}}} \quad (3.59)$$

Az áthatolás ideje más módon is meghatározható. A kumulatív sugár páncéltörő hatása akkor tekinthető befejezettnek, amikor szabad vége is elérte a kivájt üreg alját.



50. ábra A sugár és az üreg hossza [17][18][151]

Az 50. ábra alapján a kumuláció ideje:

$$t_k = \frac{l+L}{v_s} \quad (3.60)$$

ahol: l – a kumulatív sugár hossza.

A (3.59) és (3.60) kifejezéseket összehasonlítva, majd L -re megoldva:

$$L = \frac{l}{\frac{v_s}{v_{\ddot{u}}} - 1} \quad (3.61)$$

A (3.58) képletből kifejezve $v_s/v_{\ddot{u}}$ hányadost és (3.61)-be helyettesítés után meg-

kapjuk a kumulatív hatású lövedékkel maximálisan átüthető páncél vastagságát:

$$L = l \sqrt{\frac{\rho_s}{\rho_p}} \quad (3.62)$$

Ebből a képletből következik, hogy az átüthető páncél vastagsága csak a kumulatív sugár hosszától függ (a bélés és a páncél adott anyaga mellett, sűrűségüket állandónak tekintve) és nem függ a sugár sebességétől. A páncéltörő hatás hatékonyságának növelése érdekében tehát a kumulatív sugár hosszának növelésére kell törekedni.

Megjegyzés:

1. Egyes esetekben a maximálisan átüthető páncél vastagsága (3.62) a számított értékektől eltérést mutatnak. Ennek az oka, hogy levezetés során a hidrodinamika elméletéből kiindulva ideális és összenyomhatatlan folyadékok áramlását feltételeztük. A kumulatív lövedékek megsemmisítő hatásának valós számításánál még egy sor faktort figyelembe kell venni;
2. A kumulációs hatás nem teljesen független a kumulatív sugár sebességétől. A kumulatív sugárra létezik egy kritikus sebesség v_{skr} , amely alatt számottevő kumuláció nem jön létre. Ez páncél esetén – acélbélést feltételezve – 2000 m/s, dűralumíniumból készült betét alkalmazásakor pedig 3300 m/s;
3. Mivel a kumulatív sugár mentén a sebesség változik, a 2. pont értelmében a teljes l hossz nem vehető figyelembe, csak annak effektív része l_{eff} (meghatározása $v > v_{skr}$ alapján). Ha a kúpos kumulatív vájat acélbetét felhasználásával készül, akkor $l_{eff} = 3 \cdot l_0$ (ahol l_0 a kúp alkotójának hossza). [17][19][21][22]

3.1.4.6. A kumulatív hatást befolyásoló tényezők

A kumulatív töltetek páncéltörő hatását alapvetően a következő tényezők befolyásolják:

- a töltet geometriai méretei;
- a robbanóanyag típusa és tulajdonságai;
- a töltet készítésének technológiája;
- a kumulatív vájat formája és geometriai méretei;
- a bélés anyaga és vastagsága;
- a töltet forgásának szögsebessége.

A H és D_k paraméterek (51. ábra) növelése csak egy bizonyos határig fokozza a kumulatív töltet aktív részének tömegét. Kúpos kumulatív vájat esetén optimális viszonyuk:

$$\frac{H}{D_k} \cong 3 \quad (3.63)$$

A robbanóanyag fajlagos energiája és a detonáció sebessége meghatározza a bélés összenyomásának intenzitását, ezáltal a kumulatív sugár hosszát és a sebességét is. A trotil⁶⁸, hexogén⁶⁹ és oktogén⁷⁰ keverékek a kumulatív hatást a közönséges trotilhoz viszonyítva 12–20%-kal növelik.

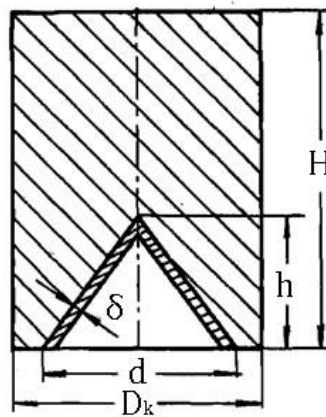
⁶⁸ trotil – a $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$ akkor $D = 6900 \text{ m/s}$

⁶⁹ hexogén – a $\rho = 1800 \text{ kg/m}^3$ akkor $D = 8750 \text{ m/s}$

⁷⁰ oktogén – a $\rho = 1900 \text{ kg/m}^3$ akkor $D = 9100 \text{ m/s}$

A kumulatív töltet készítése nagy technológiai fegyelmet igényel. A robbanóanyag és a bélés változó sűrűsége, zárványok megléte, a geometriai méretek pontatlansága és excentricitása, valamint a detonátor pontatlan elhelyezése a kumulatív sugár elfordulását okozza, ami a páncéltörő hatást csökkenti.

A kumulatív vájat kialakítása jelentősen befolyásolja a kumulatív sugár tulajdonságait, de a kellő effektivitást biztosító geometriai formákkal közel azonos fókusztávolság érhető el. Technológiai okok miatt leggyakrabban kúpos, félgömb, és hiperbolikus alakú vájatokat készítenek. A kúpos kumulatív üregek esetén a h/d paraméterek (51. ábra) optimális viszonya 1,5. E viszonyszám alatt a kumulatív töltet energiája nem kellően koncentrált, magasabb értékek esetén pedig a kumulatív sugár gyorsan szétesik (hosszirányban is). [17][19][21][22]



51. ábra A kumulatív töltet geometriai viszonyai [17][18][151]

Kísérletek segítségével meghatározták [17][19][22] a kumulatív vájat bélésének vastagsága δ és a kumulatív vájat átmérője d optimális viszonyát, ami 3-4% körül van. Ha a bélés vastagsága δ (51. ábra) a szükségesnél kisebb, akkor anyagából nem tud kifejlődni normális kumulatív sugár. Ellenkező esetben a robbanóanyag energiája nem elegendő a bélés anyagának kellő mértékű összenyomására és egy bizonyos kritikus falvastagság után már egyáltalán nem képződik kumulatív sugár. A kumulatív vájat béléseként az olyan anyagok a legmegfelelőbbek, amelyek a nagy szilárdság mellett kellően plasztikusak (réz, kis széntartalmú acélok, kadmium). A kumulatív töltet páncéltörő hatását jelentősen csökkentheti a lövedék hossztengetely körüli forgása. A mozgásmennyiségek megmaradásának törvénye következtében a kumulatív sugár szögsebessége sokkal nagyobb a lövedék szögsebességénél (fordítottan arányos a részecskék forgástengelytől mért távolságának négyzetével):

$$\omega_s = \omega_0 \left(\frac{r_0}{r_s} \right)^2 \quad (3.64)$$

ahol ω_s és ω_0 – a fémbélés részecskéinek szögsebessége a kumulatív sugárban és annak keletkezése előtt;

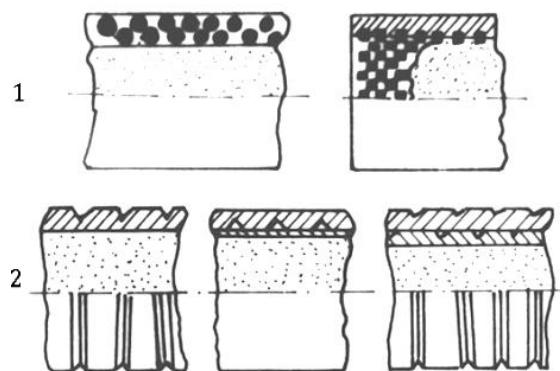
r_s és r_0 – a fémbélés részecskéinek forgástengelytől mért távolsága a kumulatív sugárban és annak keletkezése előtt.

A centrifugális erő hatására a kumulatív sugár átmérője megnő, sűrűsége csökken és radiális irányban szétszakadozik. Mivel a kumulatív sugár szögsebessége a fém-bélés csúcsától való távolodás mértékében növekszik, így csavarodása is bekövetkezik. Az említett káros hatások következtében a kumulatív lövedék páncéltörő hatása akár 60 %-kal is csökken. A forgás káros hatását a töltet esetleges aszimmetriája még tovább fokozza. [17][19][21][22]

3.1.5. A lövedékek repeszhatása

A repeszhatása, a lövedékek egyik alapvető megsemmisítő hatása, amit természetesen a páncélvadász helikopterek fedélzeti fegyverei is hasznosítanak.

A repeszhatás lényege, hogy a lövedék köpenye a benne található robbanóanyag felrobbanása során feldarabolódik és az így keletkezett repeszek (szilánkok) a céllal találkozáskor megsemmisítik, megrongálják azt. Ha a köpeny nincs előkészítve akkor a darabolódás szabálytalan, így a lövedék megsemmisítő hatása viszonylag kicsi, illetve nehezen prognosztizálható lesz. Ennek az a magyarázata, hogy a nagyméretű repeszek légellenállása túl nagy, így hamar lelassulnak, a kicsiknek pedig a tömegük kicsi, így minkét esetben a repesz mozgási energiája alatta marad a kívánatosnak. Ebből következik, hogy megsemmisítési szempontból a közepes méretű repesz a legmegfelelőbb. Ez a köpeny speciális előkészítésével érhető el. A gyártók különböző módszereket alkalmaznak a szabályos repeszdarabolódás elérése érdekében. Az egyik leggyakrabban alkalmazott eljárás, hogy úgynevezett előre gyártott repeszeket alkalmaznak például acélból (52-1. ábra), majd azt a köpeny gyártása során alumínium köpenybe beágyazzák. A másik a köpeny gyengítés (52-2. ábra), mikor a köpeny gyártása során leggyakrabban belülről bemélyedéseket készítenek a belső palást felületre, hogy a robbanás során a gyengített részeknél keletkezzenek a feszültséggyűjtő helyek és az anyag ott törjön el.



52. ábra Köpeny előkészítési módok [17][18][151]

A repeszhatású lövedékeket elsősorban nem vagy gyengén páncélozott objektumok, pl. lokátor állomások, gépjárművek, repülőgépek, helikopterek és élő erő ellen lehet alkalmazni hatékonyan. Gyakran kombinálják más megsemmisítő hatással pl. a kumulatív hatással. [17][19][21][22]

3.2. FEDÉLZETI TŰZFEGYVEREK

3.2.1. *Helikopter fedélzeti tűzfegyverekről általában*

A fedélzeti tűzfegyver fogalma alatt a géppuskákat és a gépágyúkat értjük. Magyar nyelvű szabályzatokban is használatos ez a kifejezés, de pl. orosz nyelvű leírásokban, jegyzetekben gyakrabban fordul elő. Én szükségesnek tartom a használatát, mert ha fedélzeti lőfegyverről beszélünk, akkor abba beletartozik a nemirányítható rakéta is, így lehetőségünk van szűkíteni, konkretizálni, hogy a repülőfedélzetére beépített géppuskáról, gépágyúról vagy más lőfegyverről pl. nemirányítható rakétáról beszélünk. A repülőfedélzeti tűzfegyverek esetében 20 mm-es űrméretig beszélünk géppuskáról, 20 mm fölött pedig gépágyúról. A 20 mm-es lőfegyvert a gépágyú kategóriába soroljuk.

Repülőfedélzeti tűzfegyverek az ellenséges földi és légi célok megsemmisítésére, harcképtelenné tételére szolgálnak, amit a lövedék páncéltörő, repesz, romboló, gyújtó, stb. hatásával érnek el.

A mai korszerű repülőfedélzeti tűzfegyvereknek a következő követelményeknek kell megfelelni:

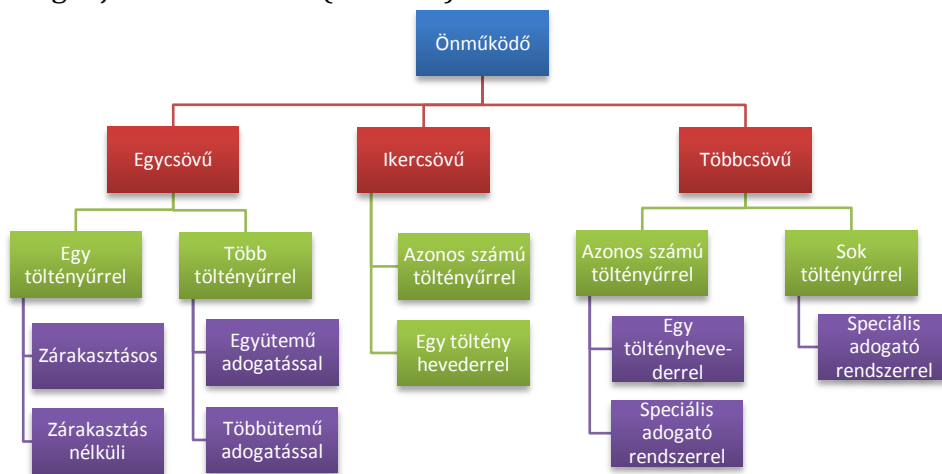
- Nagy tűzgyorsaság. Erre azért van szükség, mert manőverező légi harcban nagyon rövid ideig tartózkodik az ellenséges cél a gépágyú, vagy géppuska tüzelési zónájában.
- Nagy lövedék kezdősebesség. Ez két okból fontos. Az egyik az, hogy a lövedék mozgási energiája, így a páncéltörő képessége nagy mértékben függ a lövedék sebességétől. A másik pedig a lövedék repülési ideje nagy mértékben befolyásolja – elsősorban mozgó célok esetén – a találati valószínűséget, így a hatásosságot is.
- Kis tömeg és kis méretek. Ez azért fontos, mert így növekedhet a repülő hasznos terhelése, növelhető az üzemanyag, illetve a megsemmisítő eszköz mennyisége.
- Magas fokú automatizáltság és üzembiztos működés. Mivel távműködtetésű fegyverekről van szó, így nincs lehetőség a légi üzemeltetés során az esetleges akadályok, hibák elhárítására. A repülő manőverezése során a különböző irányú és erősségű túlterhelések a fegyver alkatrészeire is hatnak, így erősen befolyásolják annak működését.
- Az ismételt harci feladatra történő gyors előkészítés.

A felsorolt követelményeket egyformán magas szinten teljesíteni nem lehet, éppen ezért meg kell találni azt az optimális összhangot, ami illeszkedik a repülő rendeltetéséhez és így biztosítja a harcfeladatok végrehajtását. Erre nagyon jó példák a harci helikopterek, mert a rendszeresített fedélzeti fegyveri esetében a nagy tűzgyorsaság nem elsődleges szempont, viszont helyette előtérbe kerül a hatásos lőtávolság. Például a Mi-28, Ka-50 és AH-64 helikopterek fedélzeti fegyverei (lásd 2 sz. melléklet), ahol a lőfegyver tűzgyorsasága nem éri el az 1000 lövés/percet, viszont a hatásos lőtávolság 3000 m. Összehasonlításként ezek az adatok egy vadászrepülő lőfegyvere esetében a következők: tűzgyorsaság 1500-1800 lövés/perc, hatásos lőtávolság max. 1800-1900 m.

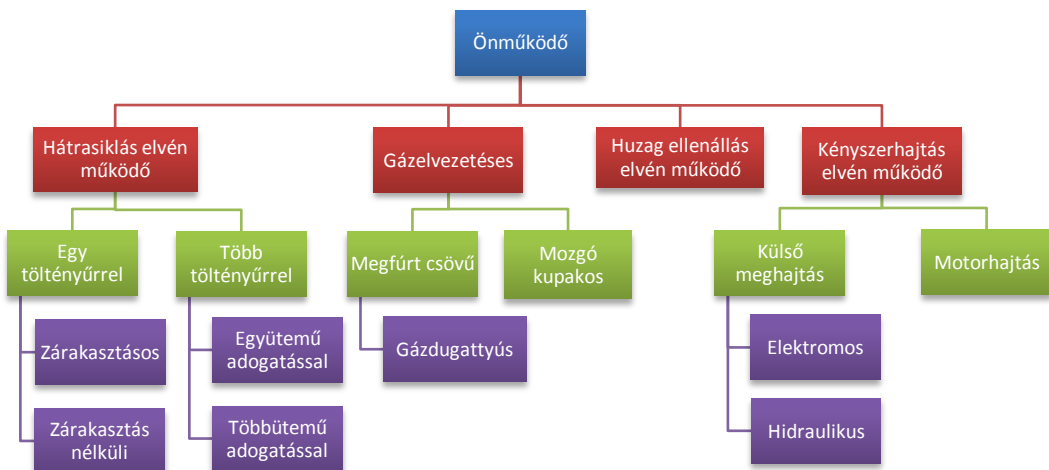
A repülőfedélzeti tűzfegyvereket a következő harcászati-technikai adatokkal szokás jellemezni:

- űrméret d [mm];
- lőfegyver tömege M [kg];
- lövedék tömege m [kg];
- tűzgyorsaság n [lövés/perc];
- élettartam N [lövésszám];
- hatásos lőtávolság l [m];
- hátralökési erő K_m [N].

A fedélzeti lőfegyvereket, működési elvük alapján két szempont szerint szokás csoportosítani. Az egyik esetben az újratöltés művelete (53. ábra), a másiknál pedig a meghajtás elve szerint (54. ábra).



53. ábra Repülőfedélzeti tűzfegyverek felosztása az újratöltés művelete szerint [20][33][153]



54. ábra Repülőfedélzeti tűzfegyverek felosztása a meghajtás elve szerint [20][33][153]

A harci helikopterek többségénél van beépített gépágyú, vagy géppuska. Az összehasonlításban (2. sz. melléklet) szereplő Mi-24D típus rendelkezik géppuskával. A különbséget inkább a lőfegyverek működési elve és a torony irányításában kell

keresni. A régebbi típusokon a lőtornyot az operátor vagy fegyverkezelő irányította, valamilyen követő hajtás segítségével. A mai korszerű harci helikoptereknél ezt már nem csak az operátor teheti meg, hanem a helikoptervezető is, mégpedig mindkettő sisakcélzó segítségével. A 2. sz. mellékletben a dolgozatomban szereplő harci helikopterek lőfegyvereiről gyűjtöttem össze az adatokat. [32][33]

3.2.2. A fedélzeti beépített tűzfegyverek páncéltörő képessége számokban

Számításokat végeztem néhány harci helikopteren rendszerben lévő gépágyú, illetve géppuska páncéltörő képességével kapcsolatban. A következő típusok harcászati-technikai jellemzői alapján végeztem el a számítást:

- JakB-12,7 – a Mi-24D és Mi-24V helikopterek 12,7 mm-es, 4 csövű, Gatling rendszerű beépített fedélzeti géppuskája;
- OM197B – Otto Malera 197B, az A129 harci helikopter 20 mm-es, 3 csövű beépített, Gatling rendszerű fedélzeti gépágyúja;
- GS-23 – a Mi-24VM harci helikopter ikercsövű, 23 mm-es gépágyúja, valamint függeszthető gépágyú konténerben (UPK-23-250), minden orosz helikopterre;
- S-30 2A42 – a Mi-28, Mi-28N, Ka-50, Ka-52 harci helikopterek egycsövű, rövid csőhátrasiklásos, 30 mm-es gépágyúja;
- GIAT-30M781 – az Eurocopter „Tiger” HAP változatának beépített egycsövű, 7 töltényű, revolver elrendezésű, 30 mm-es fedélzeti gépágyúja;
- M230 – teljes néven MHDC M230 „Chain Gun”, az AH-64 harci helikopter típus család egycsövű, rövid csőhátrasiklásos, 30 mm-es gépágyúja;
- GS-2-30 – a Mi-24P harci helikopter beépített ikercsövű 30 mm-es gépágyúja.

Fentebb a páncéltörő hatás című részben a (3.39) összefüggés segítségével azt mutattam be, hogy mekkora becsapódási sebességgel kell rendelkeznie a lövedéknek, hogy egy adott vastagságú páncélt képes legyen átütni. Most ezt az összefüggést felhasználva megfordítottam a feladatot és konkrét fegyverek esetében határoztam meg a maximálisan átüthető páncél vastagságát.

$$b = \sqrt[0,7]{\frac{v_c \cdot m^{0,5} \cdot \sin \theta_c}{K \cdot d^{0,75}}} \quad (3.65)$$

A számítás során a K -t három értékkel helyettesítettem be $K_1=1600$, $K_2=2000$, $K_3=3000$, mivel K a páncél és a lövedék tulajdonságaitól függő együttható számértéke homogén páncélra 1600–2000, heterogén pedig 2000–3000 [19][21].

A számítás során a következő egyszerűsítéseket vezettem be:

- a helikopterek azonos repülési sebesség mellett hajtják végre a lövészetet, így a lövedék kezdősebességénél csak a csőtorkolati sebességet vettem figyelembe;
- ugyanolyan távolságra hajtják végre a lövészetet;
- a cél tárgy ugyanaz a páncélozott harcjármű, valamint a fegyverek páncéltörő löszere egyforma típusú és keménységű lövedékkel rendelkezik;
- a becsapódási szöget θ_c -t 90° -nak vettem minden esetben;
- azonos ballisztikai jellemzővel rendelkeznek a lövedékek;

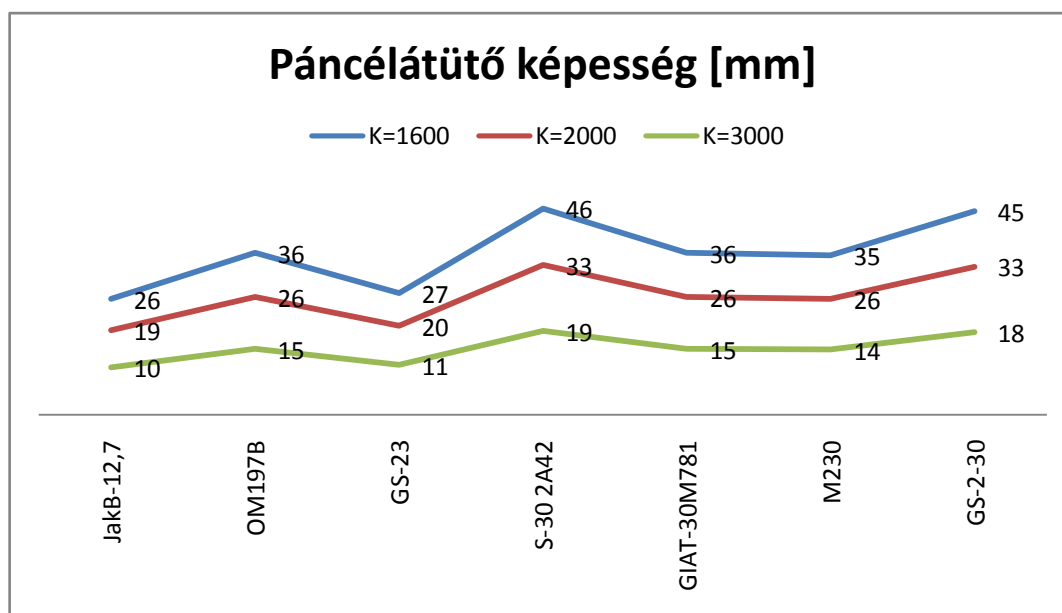
→ mivel a lövedékek konkrét ballisztikai jellemzőit nem adják meg a gyártók, így a lövedék valós becsapódási sebessége az adott távolságra nem számítható ki, a becsapódási sebességet egyformán a kezdősebesség 70%-nak vettem; $v_c = v_0 \cdot 0,7$;

Típus/ adat	JakB-12,7	OM197B	GS-23	S-30 2A42	GIAT-30M78 1	M230	GS-2-30
θ_c °	90						
d mm	12,7	20	23	30	30	30	30
v_c m/s	960	1036	815	960	1024	792	940
K	1600 2000 3000	1600 2000 3000	1600 2000 3000	1600 2000 3000	1600 2000 3000	1600 2000 3000	1600 2000 3000
m g	48	130	230	390	244	400	400
b mm	26 19 10	36 26 15	27 20 11	46 33 19	36 26 15	35 26 14	45 33 18

5. táblázat Néhány helikopter fedélzeti fegyver páncélatütő képességének összehasonlítása [153]

A számítás eredményeit az 5. táblázatban foglaltam össze. Az azokból készített grafikont (55. ábra) elemezve, megállapítható, hogy bármennyire is korszerű a harci helikopterek fedélzetére beépített gépágyú (géppuska), a páncéltörő képessége mindegyiknek erősen korlátozott. Az eredményekből látszik, hogy a legnagyobb tömegű, relatíve nagy kezdősebességű gépágyú lövedék is csak 46 mm körüli páncél átütésére képes. Ilyen páncéltal a partra szállító, vagy csapat szállító harcjárművek rendelkeznek.

[24][25][26][28][29][30][44][46][47][48][61][63][65][66][67][68][72][73]



55. ábra A harci helikopter fedélzeti lőfegyvereinek páncélatütő képessége [152]

Egy adat a számításhoz. Orosz leírások szerint az S-30 (2A42) gépágyú páncélatütő képessége 1500 m-en 60°-os becsapódás és nagy keménységű (K=3000) esetén 15 mm. [30]

Az eredményekből az is megállapítható, hogy ezek a fedélzeti fegyverek hatékonyan alkalmazhatók nem vagy gyengén páncélozott gépjárművek, gépjárműoszlopok, repülőtéren elhelyezkedő bármilyen repülőeszköz támadására, illetve légiharcra szállító helikopterek, harci helikopterek, illetve korlátozottan harcászati repülőeszközök ellen, melynek „csak” a hatásos lőtávolsága szab határt, ami egyik fegyver esetében sem haladja meg a 3000 m-t (6. táblázat). Éppen ezért elengedhetetlen a drágább, de nagyobb lőtávolsággal és páncélátütő képességgel rendelkező kumulatív nemirányítható és irányítható rakéták alkalmazása.

[74][75][76][81][82][83][98][99][102][103][104][105][106][107][108][109][110]

Az eredményekből az is megállapítható, hogy **a felfegyverzett többfeladatú helikopterek**, pl. Mi-172, BO-105/108, SA-542M/L, **mivel nem rendelkeznek páncélzattal**, bizonyos feladatokat, pl. behatolás az ellenséges területekre, vagy légvédelmi eszközök támadása, vagy légiharc megvívása harci helikopterekkel **nem képesek hatékonyan ellátni**, mert a túlélési valószínűségük (P_t) (lásd 2. 1.) messze alulmarad a harci helikopterek ugyanezen jellemzőénél.

3.3. NEMIRÁNYÍTHATÓ RAKÉTA FEGYVERZET

A harci helikopterek fedélzetén számos nemirányítható rakétatípus megtalálható. Ezeket a rakétákat különböző feladatok végrehajtására fejlesztették ki, mint például nem vagy gyengén páncélozott eszközök, csapatösszevonások támadása, páncélozott eszközök támadása, közepes vasbeton objektumok, harcálláspontok rombolása, álcázó füst létrehozása, valamint passzív rádiózavar létesítése.

A következő felsorolásban a rendszeresített típusok leggyakrabban előforduló harci részeit sorolom fel:

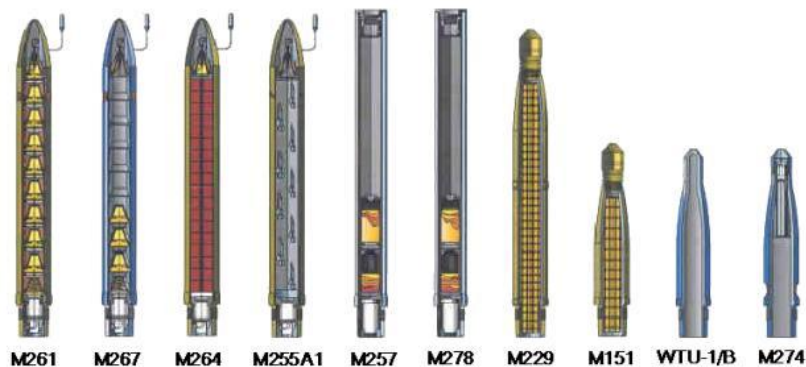
- **kumulatív**: kumulatív töltettel szerelt. Páncélozott objektumok, harcjárművek ellen alkalmazható;
- **kumulatív-repezs**: Kumulatív töltettel szerelt, amire kívülről repeszhatást növelő, kiegészítő burkolatot, vagy gyűrűket szerelnek;
- **romboló**: romboló hatású töltettel szerelt, ami a robbanóanyag romboló vagy más néven fugász⁷¹ hatását alkalmazza a célok megsemmisítésére;
- **repezs-romboló**: romboló töltettel szerelt, amire kívülről repeszhatást növelő, kiegészítő burkolatot, vagy gyűrűket szerelnek, vagy a töltet köpenye olyan kialakítású, hogy elősegíti a repeszhatás kialakulását;
- **világító**: világító pirotechnikai eleggyel szerelt töltetet tartalmaz. Alkalmazható felderítéskor vagy célmegjelölésére;
- **füstképző**: füstképző pirotechnikai eleggyel szerelt töltetet tartalmaz. Alkalmazható az ellenséges csapatok pl. tüzéség vizuális felderítésének zavarására, saját csapatok tevékenységének álcázására, vagy színes változatban cél- vagy deszant területek, leszállóhelyek, repülési útvonalak megjelölésére;

⁷¹ Fugász hatás – a robbanó anyagok romboló képessége a robbanás során kialakult lökéshullám segítségével. Szokás még a robbanóanyag munkavégző képességének is nevezni. [17][19]

- **infravörös:** nagy hőmérsékleten világító, általában alumínium-magnézium keveréket tartalmazó töltettel szerelt. Infratechnikai felderítő eszközök zavarására alkalmazható;
- **kazettás:** több kisméretű töltetet, vagy speciális kialakítású harcírészt tartalmaz;
- **rádiólokátor zavaró:** speciális rádiólokátor zavaró töltettel szerelt, ami nagyon vékony fém csíkokat (hasonló, mint az alufólia) tartalmaz;
- **betonátütő:** megerősített acél vagy kemény fém orr résszel rendelkezik, hogy a vasbeton építményeket pl. hidakat, harcálláspontokat kellő hatékonysággal rombolja;
- **tandem kumulatív:** kettős kumulatív hatású harcírész, melyet a kiegészítő páncélzattal rendelkező harcjárművek megsemmisítésére hoztak létre.

Az orosz Sz-5 és Sz-8, valamint a Hydra-70 típust több ország is gyártja licenc alapján különböző harci részekkel. Számos változatuk van és jelölésük is különböző, így valamennyi típus felsorolása helyett, csak a legelterjedtebbekre térek ki.

Az 56. ábrán a Hydra-70, az 57. ábrán pedig az Sz-8 változatai láthatók.



56. ábra A Hydra-70 rakéta néhány típusa [125][151]

A leggyakoribb típusok:

- M261 kazettás, 9 db M73 repesz harcírészzel;
- M267 az M261 gyakorló változata, 3 db M75 gyakorló harcírészzel;
- M264 füstképző, vörös színű;
- M247 kumulatív-repezs;
- M255A1 repesz-romboló, 2500 db 1,8 g-os előre gyártott repeszelemmel;
- M257 világító, fékernyővel szerelt töltettel;
- M278 infravörös, fékernyővel szerelt töltettel;
- M229 nagy hatóerejű, repesz;
- M151 nagy hatóerejű, romboló;
- WTU-1/B gyakorló, súly makett;
- M274 az M151 gyakorló változata, füstjelző töltettel; [112][113]



57. ábra Az Sz-8 rakéta néhány típusa [114][151]

A leggyakoribb típusok:

- Sz-8P (Sz-8PM) rádiólokátor zavaró;
- Sz-8B (Sz-8BM) betonátütő;
- Sz-8KO (Sz-8KOM) kumulatív-repesz,
- Sz-8T tandem kumulatív;
- Sz-8D (Sz-8DM) nagy hatóerejű romboló;
- Sz-8DF nagy hatóerejű repesz-romboló;
- Sz-8C (Sz-8CM) repesz-romboló. [114][115][116]

Egy-egy típus családon belül a rakéta hajtóműve leggyakrabban azonos, de az Sz-8-as változat rendelkezik egy speciális pompázs⁷² hatást csökkentő hajtóművel. Ezt azokhoz a repülőeszközökhöz fejlesztették ki, melyeknél a rakétaindító berendezése közel esik a repülő szívócsatornájához. Előfordul még növelt hatótávolságú rakétahajtómű is.

A harcfelelet végrehajtása során rendszerint néhány darabból (10-20 db) álló sorozatokat alkalmaznak, mert a rakéta viszonylag nagy szórásképpel rendelkezik. Értekezésemben részletesen nem vizsgálom ezeknek az eszközöknek a hatékonyságát, mert működésüket, alkalmazási területüket, találati pontosságukat tekintve egyik gyártó rakétája sem tér el jelentősen a másiktól.

A nemirányítható rakéták indító berendezései műszaki tartalomban jelentősen nem térnek el egymástól. Ami különbség mutatkozik közöttük az indító csövek száma. Az orosz eszközök – az Sz-5 rakéta esetében – 16 vagy 32 – az Sz-8 esetében pedig 20 indító, míg a nyugati Hydra rakétához gyártott eszközök 7, 12, 19 indító csővel rendelkeznek. A 6. táblázatban szereplő harci helikopterekre függeszthető nemirányítható rakéta blokkok és nemirányítható rakéták adatai találhatóak. Csak az elsődleges változatot jeleztem meg, az egyes országokban rendszeresített típusok ettől eltérhetnek.

⁷² rakéta indításkor fellépő, oxigén hiányból keletkező hajtómű leállás

Jellemzők/Típus	Mi-24D/V	Mi-24V/P	Mi-24VP/VM	Mi-28	Ka-50	AH-64(D)	AH-2	Eurocopter PAH-2 /HAC/HAP	A129 International, CBT, T129
Max. NIR indító blokkok száma	4	4	2	2	4	4	4	4	4
NIR cső/blokk	16/32	20			7/19		7/12/19		
Blokk típusa	UB-16-57 UB-32A-24	B8V-20			M260 M261		HL-7-70, HL-12-70, HL-19-70		
NIR úrmérete [mm]	57	80			70				
NIR max. darab-száma	64/128	80	40	80	28/76		28/48/76		
Típusa	Sz-5*	SZ-8**			Hydra-70**, SNEB***				
Indítási távolság	2000	1300-4000 m			~3000-4000 m				
<p>*Az Sz-5 nemirányítható rakéta típusa egy-két kivétellel megegyeznek az Sz-8 rakéta típusaival. ** A típusokat lásd fentebb. *** SNEB Siciete Nouvelle des Etablissements Edgar Brandt - francia rakéta, a Hydra európai megfelelője</p>									

6. táblázat Nemirányítható rakéták (NIR) adatai [153]

A 6. táblázatban nem szerepeltettem a RAH-66 harci helikoptert, mert nemirányítható rakétafegyverzetéről nem találtam információt.

[48][50][73][74][75][95][103][106][108][124][129]

3.4. IRÁNYÍTHATÓ RAKÉTAFEJVERZET

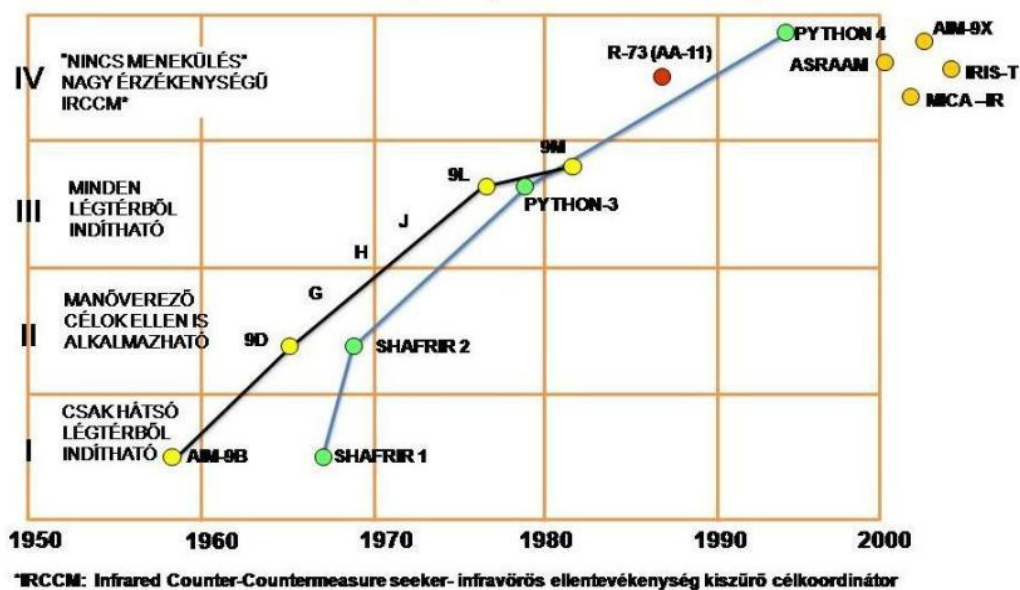
3.4.1. Az irányítható rakétákról általában

Az irányítható rakéták első megjelenése a II. világháború idejére tehető. A náci Németország végzett kísérleteket 1944-45-ben. Inerciális irányító rendszerrel felszerelt V-1 repülőgép-lövedék, majd a V-2 ballisztikus rakéták ezreit zúdították Londonra és más európai városokra. Sikeres kísérleteket hajtottak végre irányítható páncéltörő és légvédelmi rakétákkal is, melyek vezetékes táv-, vagy rádió parancsirányítással rendelkeztek. A háború befejezése miatt ezek tömeges alkalmazására nem került sor. [18]

Értekezésemben elsősorban a harci helikopterek összehasonlító elemzésével foglalkozom, a fedélzeti fegyverek szempontjából. Ahhoz hogy pontos áttekintést kapjunk a harci helikopterek irányítható rakétáiról először vizsgáljuk meg milyen rakétákat alkalmazunk a repülő eszközök fedélzetén. Vizsgálatomat alapvetően az irányítási módzatok alapján építettem fel, mert itt jelentkezik a legnagyobb különbség pl. egy vadászrepülőgép és egy harci helikopter között.

A világháború után nagy erővel kezdtek fejleszteni az irányítható rakétákat. A technikai forradalom, elsősorban az elektronika, rádiólokáció, infravörös és félvezető technika, valamint a gyártástechnológia fejlődése lehetővé tették, hogy az 50-es évek végére olyan rakétatechnika álljon rendelkezésre, mely a légiharc megvívásának alapvető eszköze lett. [18]

A korai rakétákra az volt a jellemző, hogy nem vagy gyengén manőverező légi célok megsemmisítésére tervezték. Alkalmazási magasságuk maximálisan 15-18 km, míg indítási távolságuk 5-12 km lehetett. Kis túlterhelések elviselésére voltak képesek, indításuk, kizárólag hátsó légtérből történhetett, kis rákurzus⁷³ esetén. Az 50-es, 60-as évek helyi háborúinak tapasztalatai bizonyították, hogy az ilyen paraméterekkel rendelkező rakéták alkalmazási lehetősége igen kicsi és a célmegsemmisítés valószínűsége nagyon alacsony. Már a 70-es, 80-as években rendszerbeállított rakéták harcászati-technikai adatai is többszörösen felülmúlták a korai fejlesztésű eszközöket, nem is beszélve arról, hogy a 80-as években már az első IV. generációs (58. ábra) légiharc rakéta hadrendbeállítása is megtörtént. Napjainkban III. és IV. generációs rakéták szolgálnak a legtöbb légierőben, de a tervezőasztalokon és kísérleti laboratóriumban már az V. generációs rakétákat is fejlesztenek. [18][32][117][118]



58. ábra Rövid hatótávolságú légiharc rakéták fejlődése [117][118][151]⁷⁴

Az irányítható rakéták fejlődésével a nemirányítható rakéták sem veszítették harcászati jelentőségüket, ugyanis a kisméretű földi célok, tankok, páncélozott szállító járművek megsemmisítésére sokkal hatékonyabbak és gazdaságosabb eszközök, mint a légibombák vagy az irányítható rakéták. Az indító berendezések korszerűsödésével nagyobb mennyiség is függeszthető belőle a repülőeszközre, mellyel a harci helikopterek jelentőségét sikerült erősíteni a 60-as 70-es években. Ugyan ebben az időben a

⁷³ „A cél rákurzusának nevezzük a cél haladási iránya és az irányzóvonal által bezárt szöveget, a cél irányiszögeként is használatos.” [34]

⁷⁴ Az ábrán a következő légiharc rakéta típusok találhatók:

- AIM-9B, D, G, H, J, L, M, X „Sidewinder” az USA egyik leleterjedtebb közel légiharc rakétája [47]
- SHAFRIR 1, 2, Python-3, -4 izraeli fejlesztésű közel légiharc rakéta [47]
- R-73 (AA-11) szovjet-országi közel légiharc rakéta, többek között a MiG-29 rakétája [47]
- ASRAAM – AIM-132 – Advanced Short Range Air-to-Air Missile – „felett rövid hatótávolságú levegő-levegő rakéta” közel légiharc rakéta [148]
- IRIS-T német-svéd-olasz közös fejlesztésű közel légiharc rakéta [149]
- MICA-IR francia fejlesztésű közel légiharc rakéta [150]

légiharc rakéták módosításával elkészültek az első „levegő-föld” rakéták is, melyek az irányítási rendszer pontatlansága miatt nagy tömegű harci résszel rendelkeztek és indítási távolságuk is kicsi volt. A fejlesztések során az irányító rendszerek korszerűsödésével egyre nagyobb távolságról lehetett ezeket az eszközöket alkalmazni és megjelentek az első irányítható páncéltörő rakéták, melyekkel a páncélozott eszközöket 4-5 km-ről is meg lehetett semmisíteni. Az utóbbi a harci helikopterek gyors fejlődésével együtt ugrásszerűen korszerűsödött és világszerte elterjedt. [18]

3.4.2. Az irányítható rakéták csoportosítása

A fedélzeti rakétákat a hordozó eszköz és a cél elhelyezkedése alapján a következő két nagy csoportba lehet besorolni:

- levegő-felszín vagy levegő-föld;
- levegő-levegő vagy légiharc⁷⁵.

Ez a csoportosítás azonban csak a rakéta rendeltetésére utal, részletesebb adatok megismerését nem teszi lehetővé.

Az irányító rendszer típusa szerint megkülönböztetünk:

- távirányítású;
- önirányítású;
- programirányítású;
- kombinált irányítású rendszereket.

A **távirányítású rendszerekben** az irányító jel a rakétán kívül (pl.: a rávezető állomáson, ami a helikopter vagy repülőgép fedélzetén található) jön létre. Ezt parancsjel formájában érzékeli a rakéta fedélzetén található irányító rendszer és működésbe jönnek a kormányok, ami a röppálya módosulását eredményezi. A parancsjel továbbítása történhet közvetlenül vezetékkel vagy rádióhullámok segítségével.

Az **önirányító rendszerekben** a rakéta valamint a cél kölcsönös helyzetét az irányító rendszer részét képező, a rakéta fedélzetén található célkoordinátor végzi. A célkoordinátor jele megfelelő feldolgozás (zavar- és zajszűrés, erősítés stb.) után a rakéta irányító berendezésén keresztül kormány elmozdítási jeleket hoz létre és ezzel korrigálja a rakéta röppályáját.

A **programirányítású rendszerekben** a rakéta repülése előre meghatározott paraméterek szerint történik. A rakéta fedélzetén elhelyezett berendezés nincs kapcsolatban sem a céllal, sem az indító repülőgéppel. A rakéta repülési paramétereit az indítás előtt kapja meg a hordozó repülőgép fedélzeti számítógépétől. A repülés folyamán a fedélzeti irányító berendezés összehasonlítja a beprogramozott értékeket és a valós repülési paramétereket, majd az összehasonlítás eredményeként kidolgozza az irányító jelet és kiadja az irányító parancsokat a vezérlő szervek felé. A programvezérlés előnye a nagyfokú zavarvédelem, hátránya viszont az, hogy nincs lehetőség a program, repülés közbeni módosítására.

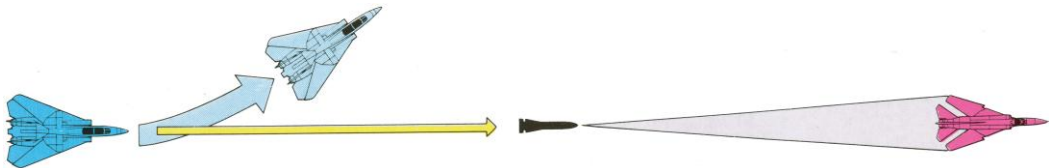
⁷⁵ Tanárként a légiharc rakéta elnevezés használatát erősítem, mert egy jól megalkotott és szakmailag mindent magában foglaló szakszó, jobb mint a „levegő-levegő osztályú”. (A szerző megjegyzése).

A **kombinált irányítású rendszer** alkalmazása egyre gyakoribb a közepes és nagy hatótávolságú légi harc rakétákban. Az ilyen rakéták célkörzetbe juttatása programirányítással történik, majd a rakéta célkoordinátorának befogása után áttér önirányításra.

A cél kiválasztásának módszere szerint három önirányítási módszert különböztünk meg:

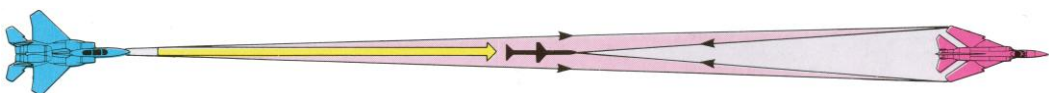
- aktív;
- félaktív;
- passzív.

Az **aktív és félaktív** önirányítási rendszerek lényege, hogy a célt mesterségesen kiemeljük a környezet háttéréből – megvilágítjuk – elektromágneses hullámok segítségével. A célról visszaverődött jeleket a rakéta célkoordinátora érzékeli és a szükséges jelfeldolgozás után kiszűri belőle a szükséges információt a cél helyzetéről és mozgásáról. A hasznos információk alapján kidolgozza az önirányító rendszerben az irányító jeleket, ami a kormánygépek segítségével módosítja a rakéta röppályáját. Azokat a rendszereket ahol a sugárzó berendezés is a rakéta fedélzetén található **aktív önirányításnak** (59. ábra), ahol csak a vevő berendezés van a rakéta fedélzetén **félaktív önirányításnak** nevezünk (60. ábra).



59. ábra Aktív önirányítás [50][151]

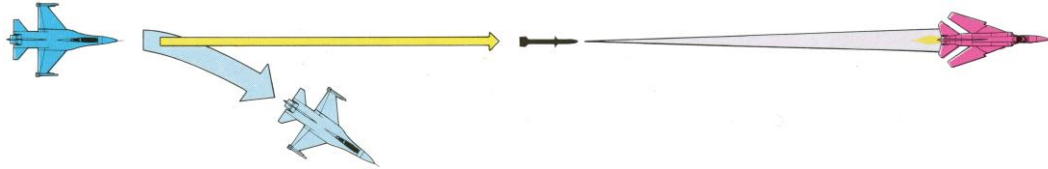
A félaktív rendszerek legnagyobb hátránya, hogy a rakéta célba jutásáig úgymond meg kell világítani a célt, vagyis folyamatosan biztosítani kell a cél mesterséges kiválasztását a környezetből. Ezt leggyakrabban a hordozó repülőgép végzi a rádiólokátora segítségével és ilyenkor megnövekszik a felderítésének a veszélye, mivel folyamatos rádió kisugárzás történik, illetve korlátozottak a saját (önvédelmi) manőver lehetőségei. Nagyon gyakran – közepes és nagy hatótávolságú légi harc rakéták esetében – az aktív és a félaktív önirányítási rendszereket kombinált rendszerekben alkalmazzák.



60. ábra Félaktív önirányítás [50][151]

Passzív önirányítási módszer (61. ábra) esetében a célok saját kisugárzását (hő, fény, elektromágneses) használjuk fel a rakéta fedélzetén található célkoordinátor hasznos jeleként. A legelterjedtebb változat a passzív infravörös önirányítás, ahol a repülőgép hajtómű kiáramló gázainak, a sárkányszerkezet felmelegedett elemeinek hősugárzását érzékeli a célkoordinátor. Ezeknek a rendszereknek több előnyös tulajdonsága is van, ilyen pl.: a viszonylag egyszerű, olcsó felépítés, a nagy pontos-

ság, valamint az a tény, hogy a rakéta indítása után a hordozó repülőgép azonnal kiválhat a manőverből és megkezdheti egy másik, új cél támadását, vagy visszatérhet a bázisra. Ezt nevezzük a „Tüzelj és felejtse el!” elvnek. Alkalmazásuknak csak a rossz időjárási viszonyok szabnak határt.



61. ábra Passzív önirányítás [50][151]

3.4.3. Irányítható páncéltörő rakéták irányítási módszerei

A fent felsorolt irányítási eljárások nemcsak a légi harc rakétákra igazak, hanem a levegő-felszín (levegő-föld) osztályúakra is, így a helikopter fedélzeti irányítható páncéltörő rakétákra is. Az utóbbiak esetében gyakran kerül alkalmazásra a táv- vagy parancsirányítás.

A **távirányítás vagy parancsirányítás** helikopter fedélzeti irányítható páncéltörő rakéták esetében gyakran alkalmazott irányítási módszer. Széleskörű elterjedésének az egyik oka a gazdaságosság, mivel az irányító rendszer legbonyolultabb része – a rakéta repülési paramétereit meghatározó egység, a számítógép – a helikopter fedélzetén található, így az többször is felhasználható.

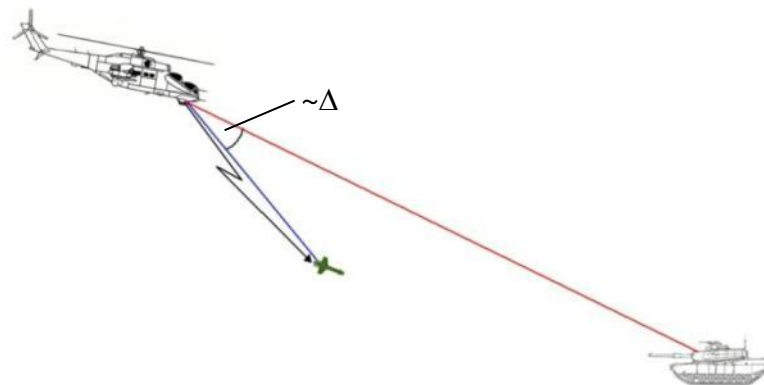
A rakéta indítását megelőzően az operátor vizuálisan kiválasztja a célt, majd egy optikai rendszer segítségével, végrehajtja a célzást. Ezzel a rendszer szemszögéből nézve kialakul az irányzóvonal. A rakéta irányítása az irányzóvonalhoz viszonyítva automatikusan valósul meg a következő módon:

- a rakéta folyamatos szögkoordinátáit a pelengátor optikai tengelyéhez viszonyítva irány és bólintás szerint meghatározzuk a rávezető műszerrel;
- a fenti jelekből a fedélzeti számítógép kialakítja a vezérlő jelnek megfelelő parancsokat;
- a fedélzeti számítógép által kidolgozott parancsokat rádióparancs vonalon vagy vezetékes vonalon továbbítja a rakétának;
- a rakéta fedélzeti blokkjai a megfelelő manőver végrehajtása érdekében végrehajtják a kormány kitéréseket.

A pelengátor követi a rakéta infravörös válaszadójának a kisugárzását (villanófény; nyomjelző vagy lámpa) miközben meghatározza a rakéta irányzóvonalhoz viszonyított szöghelyzetét. A rakétának a pelengátor optikai tengelyéhez viszonyított irány és bólintás szerinti szöghelyzetével arányos jelek a fedélzeti számítógépre jutnak, ahol megtörténik az összehasonlítás az irányzóvonal paramétereivel. Az összehasonlítás eredményeképpen kialakul az eltéréssel arányos irányítójel (Δ) (62. ábra).

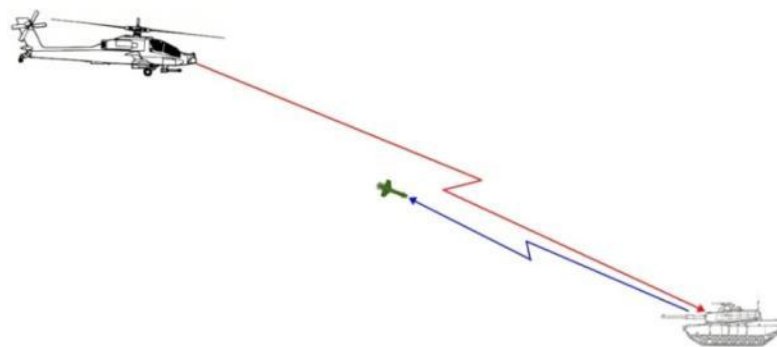
A **félaktív önirányítás** helikopter fedélzeti irányítható páncéltörő rakéták esetében ez az irányítási módszer nem túl gyakori a 3. sz. mellékletben, a felsorolt 9 ra-

kéta közül csak 3 típus (az amerikai AGM–114 Hellfire II, az orosz AT–16/9M120M Vihr és a dél-afrikai Mokopa SAL) rendelkezik félaktív önirányítással. Mindhárom irányítható páncéltörő rakétát a kilencvenes években fejlesztették ki.



62. ábra Távirányítás vagy parancs irányítás [151][151]

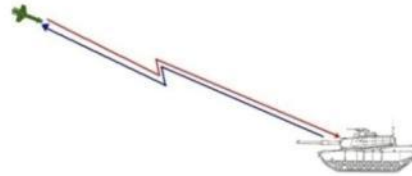
A szárazföldi célok ellen alkalmazott félaktív irányítható rakéták esetében gyakran találkozhatunk félaktív lézer irányítással és ez nem csak a helikopter fedélzeti irányítható rakétákra igaz. Ennek az önirányítási módszernek a lényege ugyanaz, mint a légiharc rakéták esetében, valamilyen mesterséges jel segítségével (lézer vagy rádió jel) mesterségesen ki kell emelni a célt a háttérből (63. ábra).



63. ábra Félaktív önirányítás [151]

A célról visszaverődött jelre fog reagálni a rakéta célkoordinátora és valósítja meg az önirányítást. A harci helikopterek fedélzetén széles körben még nem terjedt el a fedélzeti rádiólokátor, így a félaktív irányítható páncéltörő rakéták jelentős része félaktív lézer önirányítású. Az első félaktív rádió önirányítású rakétát az AH–64 „Longbow” rendszerrel együtt fejlesztették ki, majd más gyártók is megjelentek hasonló eszközökkel.

A **aktív önirányítás** helikopter fedélzeti irányítható páncéltörő rakéták esetében ez az irányítási módszer a legritkébb (64. ábra). Csupán egyetlen rakéta típus rendelkezik ilyen változattal. Az AH–64 harci helikopter modernizációja során fejlesztették ki az AGM–114 rakéta „Longbow Hellfire” változatát, mely kombinált irányítási rendszerrel rendelkezik, melybe inerciális és aktív rádió önirányítás tartozik.



64. ábra Aktív önirányítás [151]

3.4.4. Irányítható páncéltörő rakéták

Az irányítható páncéltörő rakéták adatait a 3. sz. mellékletben gyűjtöttem össze.

„Hellfire” AGM-114

- **AGM-114A „Basic Hellfire”** volt az első változat, amely félagtív lézer irányítással, 425 m/s-os repülési sebességgel, 500-8000 m-es indítási távolsággal, kumulatív harci résszel rendelkezett. A hossza 1630 mm, tömege 45 kg.
- **B/C „Basic Hellfire”** egy kevésbé füstölő hajtóművet kapott és a B változat hajó fedélzetéről is indítható. Ára 25 000 USD.
- **D/E „Basic Hellfire”** digitális robotpilótát kapott, de a gyártására nem került sor.
- **F „Interim Hellfire”** tandem kumulatív⁷⁶ harci résszel szerelt változata. A hossza 1800 mm, tömege 48,5 kg, indítási távolsága 500-7000 m.
- **G „Interim Hellfire”** hajó fedélzetéről is biztonsággal alkalmazható. Nem került gyártásra.
- **H „Interim Hellfire”** digitális robotpilótát kapott, de a gyártására nem került sor.
- **J „Hellfire II”** az F változat rövidebb, de nagyobb indítási távolságú változata. Nem került gyártásra.
- **K „Hellfire II”** a méltó utód. 500-9000 m-es indítási távolsággal, félagtív lézer irányítással, tandem kumulatív harci résszel, digitális robotpilótával, electro-optikai zavarvédelemmel, valamint a céljel elvesztése esetén újra kereső célkoordinátorral. Hossza 1630 mm, tömeg 45 kg, ára 65 000 USD.
- **L „Longbow Hellfire”** Kombinált irányítási rendszerrel, melybe inerciális irányítás és rádió önirányítás tartozik. A leglényegesebb tulajdonsága, hogy a „Tűzelj és felejtsd el!” kategóriába tartozik, ami kiemeli a többi páncéltörő rakéta közül. Hossza 1760 mm, tömege 49 kg.
- **M „Hellfire II”** repesz-romboló-gyújtó harci résszel szerelt változat.
- **N „Hellfire II”** épületek, harcálláspontok, bunkerek és élőerő ellen alkalmazható változat.

⁷⁶ tandem kumulatív harcirész – kettős kumulatív hatású harcirész, melyet a kiegészítő páncélzattal rendelkező harcjárművek megsemmisítésére hoztak létre.

→ **P Hellfire II** alacsonyan repülő, pilótanélküli repülőeszközökre optimalizált változat. [47][50][126][127][128][130]

„Trigat”–LR/PARS 3 Long Range

Francia és német fejlesztésű irányítható páncéltörő rakéta. 500-tól 8000 m-es indítási tartománnyal, tandem kumulatív harci résszel rendelkezik. [47][50][132]

„HOT”⁷⁷

Franciaország és Németország közös fejlesztésű, harcjárművekről és helikopter fedélzetéről is indítható páncéltörő rakétája. Az első változata 1978-ban jelent meg, akkor még csak „HOT” néven, ma ezt a rakétát jelöljük „HOT1”-ként. A „HOT2” 1986-ban jelent meg, a „HOT3”-at pedig a Eurocopter „Tiger” harci helikopterhez fejlesztették és ez már a harcjárművek dinamikus páncélnátát is képes átütöni, mivel tandem kumulatív harci résszel rendelkezik. [47][50][133][134]

BGM–71 „TOW”

Több variációban gyártott, csőből induló, optikai irányítású, vezetékes távirányítású páncéltörő rakéta. Alkalmazták szárazföldi eszközként is, vállról vagy harcjárműről indítható változatban, de alkalmazzák helikopter fedélzetén is. A különböző modifikációkat az abc betűivel A-tól H-ig jelölik. A BGM–71E változata amelyik tandem kumulatív harci résszel rendelkezik. [47][50][88][134]

AT–2 „Swatter-C”/9M17MP „Falanga”⁷⁸

Az AT–1 járműfedélzeti irányítható páncéltörő rakétával egy időben fejlesztették ki és alkalmazásra került harcjárművekről és helikopter fedélzetéről indítva. A Mi-24D széria kiöregedésével és/vagy felújításával, folyamatosan lecserélték valamelyik korszerűbb változattal. Már nem gyártják. [47][50][135][136]

AT–6 „Spiral”/9M114 „Sturm”

A „Falanga” rakéta leváltására készült a Mi–24V/P helikopterekhez. A „Falanga” rakéta után ez egy komoly előrelépés volt, mert a „Sturm” sebessége meghaladja a hang terjedési sebességét. Jelenleg is rendszerben van, a Mi–24V/P helikopterek alapvető irányítható páncéltörő rakétája. Az alapváltozaton kívül még két modifikációja létezik AT–6B/9M114M1 és AT–6C/9M114M2. Mindkettő nagyobb indítási 6000 és 7000 m távolsággal rendelkezik és megnövelték a harcirész tömegét 7,4 kg-ra, így a páncélnátütő képessége, egyes források szerint eléri az 1000 mm körüli értéket. Folytak kísérletek tandem kumulatív harcirész felszerelésével is, de ez a változat már egy új típuszámot és nevet kapott. [47][50][135][137][138]

AT–9 „Spiral-2”/9M120 „Ataka-V”

Az AT–6 rakéta továbbfejlesztett változata. Tandem kumulatív harcirészt és nagyobb

⁷⁷ HOT – Haut subsonique Optiquement Téléguidé – High Subsonic Optical Guided – hangsebesség alatti optikai irányítású

⁷⁸ Az orosz rakéták esetében két elnevezést használok, mert az angol irodalmakban a NATO elnevezéssel és fedőnevükkel szerepelnek ezek az eszközök pl.: AT–2 „Swatter-C”. Az orosz nyelvű irodalmakban, illetve az abból fordított magyar nyelvű szabályzatokban, leírásokban pedig az orosz elnevezése fordul elő, pl.: 9M17MP „Falanga”. (Szerző megjegyzése)

energiájú hajtóművet szereltek rá. Az indítórendszere teljesen kompatibilis az AT-6 rakétával, alapvetően annak leváltására készült. [47][50][87][135][137][138]

AT-16/9M120M „Vihr”

Az „Ataka”/”Sturm” rakéta továbbfejlesztett változata. Olyan repülőeszközökhöz készült melyek rendelkeznek lézer távolságmérővel és azt célmegvilágító üzemmódban is képesek alkalmazni, pl. Ka-50/52 helikopterek vagy a Szu-25 harcászati repülőgép. [47][50][139]

„Mokopa”

Az AH-2 (CSH-2) „Rooivalk” harci helikopterhez fejlesztette a Denel Corporation. A rakéta alapváltozata félaktív lézer önirányítású, de készül félaktív rádió önirányítású és infravörös önirányítású változatban is. Az indítása történhet LOBL és LOAL üzemmódokon. [143][144][145]

3.4.5. Önirányítású légiharc rakéták

Az utóbbi évtizedben megjelentek a harci helikopterek fedélzetén a légiharc rakéták, önvédelmi jelleggel, de helikopterek ellen akár megelőző harcra is alkalmasak. Ezek az eszközök főként a már bevált raj, szakasz önvédelmére használt vállról indítható légvédelmi rakéták – Stinger, Mistral, Iгла – helikopter fedélzetére átalakított változatai. Mindhárom rakéta hasonló harcászati-technikai jellemzőkkel rendelkezik és több változatban megjelent. [140][141][142]

Néhány adat az összehasonlítás érdekében:

Jellemzők/Típus	AIM-92 Stinger (Block I/II)	SA-18 Grouse/ 9K38 Iгла	Mistral
Űrméret [mm]	70	72	90
Tömeg indítócsővel [kg]	16	17,9	18,7
Rakéta tömege [kg]	10,1	10,8	
Hossz [mm]	1520	1700	1860
Min. indítási távolság [m]	200		
Max. indítási távolság [m]	4500 (8000)	5200	5000-6000
Repülési sebesség [m/s]	750	610	800
Cél max. repülési sebessége [m/s]	na.	320	na.
Harcirész	BF*	BF*	BF*
Harcirész tömege [kg]	3 (0,45 HE**)	2 (0,39 TNT***)	2,95 (~0,4 HE)
Irányítás	PIR	PIR	PIR
Célkoordinátor	Argon hűtésű Indium Antimonid (InSb)	Nitrogén hűtésű Indium Antimonid (InSb)	na.
Ár [USD]	165 000	60 000-80 000 (2003)	na.
	*BF blast fragmentation – repesz-romboló		
	**HE High Explosive – nagy hatóerejű		
	***TNT tinitro-toulol – trotil		

7. táblázat. Önirányítású légiharc rakéták adatai [153]

3.5. KÖVETKEZTETÉSEK

A fejezetben elvégzett számításaim alapján megállapítom, hogy a harci helikopterek fedélzetén alkalmazott tűzfegyverek megléte elengedhetetlen, mert hatékonyan támadható vele akár földi, akár légi cél is. Az is megállapítható, hogy a páncélatütő képességük korlátozott, így mindenképpen szükséges nagyobb páncéltörő képességekkel rendelkező nemirányítható, illetve irányítható rakéta alkalmazása is.

A kor követelményeit figyelembe véve szükségesnek tartom, hogy a harci helikopter képes legyen hatékonyan megvédeni önmagát és ehhez nélkülözhetetlennek tartom a közel légiharc rakéták alkalmazásának lehetőségét. Ezen kívül pozitívuma lehet a harci helikopternek, ha közepes vagy nagy hatótávolságú felszíni célok elleni támadó rakéta alkalmazására is képes.

A számításaim eredményéből az is megállapítható, hogy **a felfegyverzett többfeladatú helikopterek**, mivel nem rendelkeznek páncélzattal, **nem képesek hatékonyan felvenni a harcot** az ellenséges harci helikopterekkel, így nem képesek pótolni azokat.

4. HARCIL HELIKOPTEREK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

4.1. PARAMÉTEREZETT ÖSSZEHASONLÍTÓ ELJÁRÁS

A harci helikopterek egyik nagyon fontos minőségi jellemzője a fedélzeti fegyverek hatékonysági mutatója, ezért lényeges kérdés, hogy valamilyen módon összehasonlíthassuk a harci helikopterek fegyverzetét, fegyverrendszerét. A [1] és [2] irodalmi hivatkozások tanulmányozása során, felfigyeltem, hogy a szerző, a harci repülőgépekre kidolgozott „*Fajlagos fegyverterhelés*” és a „*Harci hatékonysági együtt-ható*” számított értékeivel hasonlítja össze a harci helikoptereket.

Ebből a módszertől kiindulva kezdtem bele egy olyan számítási eljárás kidolgozásába, amely reális eredményt ad a harci helikopterek hatékonysági mutatóinak összehasonlításában. A kidolgozás során, sokat kutattam, szakkönyveket tanulmányoztam, kereséseket folytattam az Interneten és arra a megállapításra jutottam, hogy egy olyan módszert kell keresni, amelyet a jelenleg elérhető publikus adatokkal is el tudok végezni. A helikopter fedélzeti fegyvereinek gyártói nem fognak kiadni olyan információkat, amit technológiai, ipari, vagy hadititokként kezelnek, csak akkor, ha már megvásároltuk az adott fegyver típusát, vagy hivatalos pályázati eljárást hirdettünk meg. Ezért abból az egyszerű feltételezésből indultam ki, hogy kereskedelmi okok miatt elég sok információt közzétesznek a gyártók, különböző hadiipari kiállításokon, fegyverkatalógusokban és Internetes honlapjukon, illetve léteznek olyan fanatikus gyűjtők, akik ezeket az információkat összegyűjtik és megosztják a közvéleménnyel. Megvizsgáltam a harci helikopterekkel és az alkalmazható fegyverekkel kapcsolatos információimat. Rendszereztem a begyűjtött adatokat, amelyek a melléklet táblázataiban megtalálhatóak.

Az 1. sz. mellékletben összegyűjtöttem a korábban bemutatott harci helikopterek jellemző paramétereit. A meglévő adatok alapján elvégeztem a fajlagos fegyverterhelés (ξ) számítását (4.1), egyelőre még ugyanazzal a módszerrel, mint ahogyan azt Dr. Óvári Gyula tette a hivatkozott munkájában. [1]

A számítások során a **harci hatékonysági együtt-ható (Φ)** indexekkel jelöltem. A forrásmunkából [1] átvett kaptam a nulla (0) indexet, míg az általam kidolgozott számítások 1-től 3-ig terjedő indexeket.

4.1.1. Harci hatékonysági együtt-ható (Φ_0)

A számítás során a fajlagos fegyverterhelést (ξ - kszí) a maximális fegyverterhelés és a maximális felszálló tömeg hányadosaként számítottam. Az így kapott mértékegység nélküli szám, a hasznos terhelés értékét mutatja meg tizedes formában. Általában minden fegyverzeti eszköznek van hasonló arányszáma pl.: repülőfedélzeti rakéták és bombák esetében töltési tényezővel fejezzük ki a hasznos teher vagy a robbanóanyag mennyiségét a rakéta vagy a bomba teljes tömegéhez képest.

$$\xi = \frac{m_{fv}}{m_{fe}} \quad (4.1)$$

ahol m_{fv} – a helikopterre maximálisan függeszhető fegyverek mennyisége kg -ban;
 m_{fe} – a helikopter maximális felszálló tömege kg -ban.

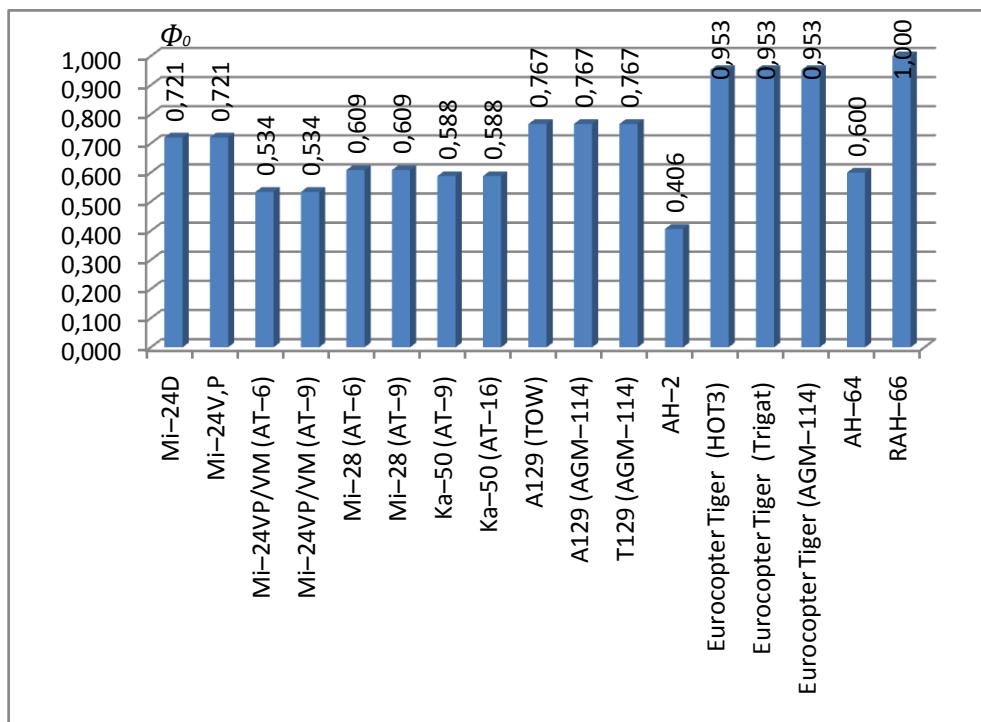
A harci hatékonysági együtthatót (Φ_0) a számított fajlagos fegyverterhelés (ξ) és a harci hatósugár (R_H) szorzataként számítottam.

$$\Phi_0 = \xi \cdot R_H \cdot \frac{1}{\varphi_{0 \max}} \quad (4.2)$$

ahol R_H – a helikopter harci hatósugara m -ben;
 $\varphi_{0 \max} - \varphi_0 = \xi \cdot R_H$ szorzat maximális értéke.

Az $\varphi_{0 \max}$ (későbbiekben $\varphi_{1 \max}$, $\varphi_{2 \max}$, $\varphi_{3 \max}$) értékkel való osztást azért vezettem be, mert így a számítások eredményeit minden esetben 0 és 1 között kapom, valamint a Φ_0 (későbbiekben Φ_1 Φ_2 Φ_3) értéke dimenzió nélküli lesz és ennek köszönhetően az eredmények összevethetővé válnak. [35]

A kapott értékeket a könnyebb feldolgozhatóság érdekében oszlopdiagram formájában is megjelenítettem (65. ábra).

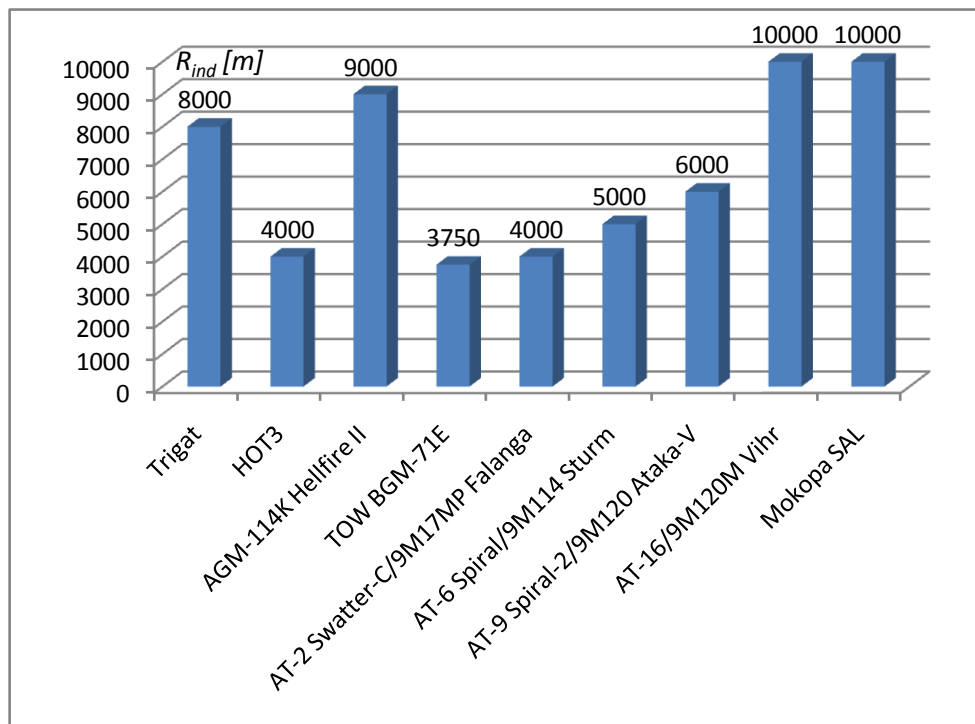


65. ábra Harci hatékonysági együttható Φ_0 a 4. sz. melléklet alapján [152]

Ha megvizsgáljuk a kapott harci hatékonysági együttható (Φ_0) értékeit, nagyon könnyen beláthatjuk, hogy nem teljesen korrekt értékeket kaptunk. Ez látszik abból is, hogy egy Mi-24D helikopter a 0,721-es értékével alig marad el a legjobb eredménytől a RAH-66 helikopter 1,0-es eredményétől. Ha tovább vizsgálódunk az is kitűnik az eredményekből, hogy a Mi-28, a Ka-50, az AH-2 „Rooivalk”, sőt még az AH-64 „Apache” helikopterek rendre kisebb értéket kaptak mint a Mi-24D. Ez azért lehetséges, mert a számítás során a **maximális fegyverterheléssel** végeztük a számításokat. Ez helikopterek esetében **nem ad valós eredményt**, mert a harci

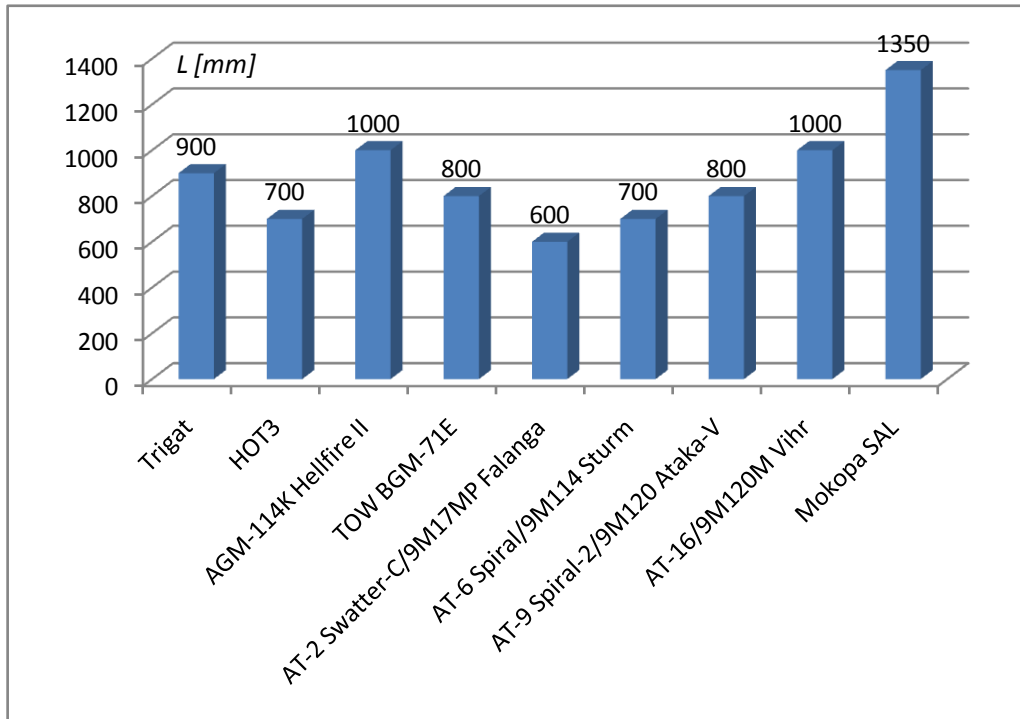
helikopterek az esetek többségében szinte csak irányítható páncéltörő rakétákkal, vagy egyes fegyverzettel repülnek, viszont a gyártók azt a maximális függeszhető fegyver tömegét adják meg, amit pl. légibombából fel lehet rakni a helikopterre. Ezt átrepüléskor póttartályokkal lehet kihasználni, vagy abban az esetben, ha minden szárnyalatti tartóra például nemirányítható rakéta blokk van függesztve, egyéb esetben a **fegyverterhelés szinte mindig kisebb a maximálisnál**. Így maximális fegyverterhelésbe bele kell számítani a géppuska, vagy gépágyú és a hozzátartozó lőszer tömegét is. A másik tényező, amit figyelembe kell venni, hogy a legtöbb harci helikopternél a **maximális fegyverterhelés esetén csökkenteni kell az üzemanyag mennyiségét**, hogy a helikopter **ne lépje túl a megengedett maximális felszálló tömeget**. Ebben az esetben viszont a csökkentett üzemanyag mennyiség csak kisebb harci hatósugár eléréséhez elegendő.

Ebből kiindulva kezdtem el kidolgozni egy olyan **számítási eljárást**, melynek során **reálisabb képet** kapunk a harci helikopterek fegyverzetéről, egy olyan objektív eljárás segítségével, melyben valóban csak a **hasznos fegyverterhelés** segítségével **határozzuk meg a harci hatékonysági együtthatót (Φ)**. Az volt a vezérlő elvem, hogy a harci helikopterek egyik elsődleges feladata az ellenséges páncélozott harcjárművek előrenyomulásának, beékelődésének megakadályozása, erőinek szétforgácsolása. Ennek a feladatnak végrehajtása során lehet hatékonyan lemérni egy harci helikopter fegyverrendszerének minőségi mutatóit, ugyanis a fegyverzetük legbonyolultabb eleme az irányítható páncéltörő rakéta és az azt vezérlő fedélzeti rendszer. Ezt figyelembe véve a maximális fegyverterhelés (m_{fv}) helyett a számításaim során a **maximális mennyiségű páncélvadász fegyverzet tömegével végzetem el a fenti összehasonlító eljárást**.



66. ábra. A helikopter fedélzeti irányítható páncéltörő rakéták maximális indítási távolsága [152]

A számításokhoz szükségem volt az irányítható páncéltörő rakéták harcászati-technikai adataira, amit a 3. sz. mellékletben gyűjtöttem össze. Ha az összegyűjtött jellemzőket megvizsgáljuk, észrevehetjük, hogy igen nagy szórást mutatnak a különböző értékekben. A könnyebb összehasonlítás érdekében grafikusan (66. és 67. ábrák) is megjelenítettem az irányítható páncéltörő rakéták harcászati-technikai adatait.



67. ábra. A helikopter fedélzeti irányítható páncéltörő rakéták maximális páncéltörő képessége [152]

4.1.2. A függeszthető irányítható páncéltörő rakéta mennyiségétől és tömegétől függő harci hatékonysági együttható (Φ_1)

Kutatásaim során arra is figyeltem, hogy van néhány olyan helikopter, amely többféle páncéltörő irányítható rakétát is képes alkalmazni. Ilyen esetben azt az eljárást követtem, hogy **minden rakétatípussal külön kiszámítottam** a fajlagos fegyverterhelést (ξ_p), majd ezzel végeztem a további számításokat. Ezért látható a táblázatokban ugyanaz a helikopter többször is, de más irányítható páncéltörő rakétával. A **maximális páncéltörő fegyverzet tömegét** (m_{pct}) úgy számítottam, hogy az adott típusú helikopter esetében vettem a maximálisan függeszthető irányítható páncéltörő rakéta mennyiségét és megszoroztam az adott rakéta tömegével. A kapott tömeggel elvégeztem újra a számítását, majd ezt használtam a további számítások során. (p indexszel jelöltem a páncéltörő rakéta tömegével számított fajlagos fegyverterhelést.)

$$\xi_p = \frac{m_{pct}}{m_{fe}} \quad (4.3)$$

ahol m_{pct} – a helikopterre maximálisan függeszthető irányítható páncéltörő rakéták mennyisége és a rakéták egyenkénti tömegének szorzata kg -ban;

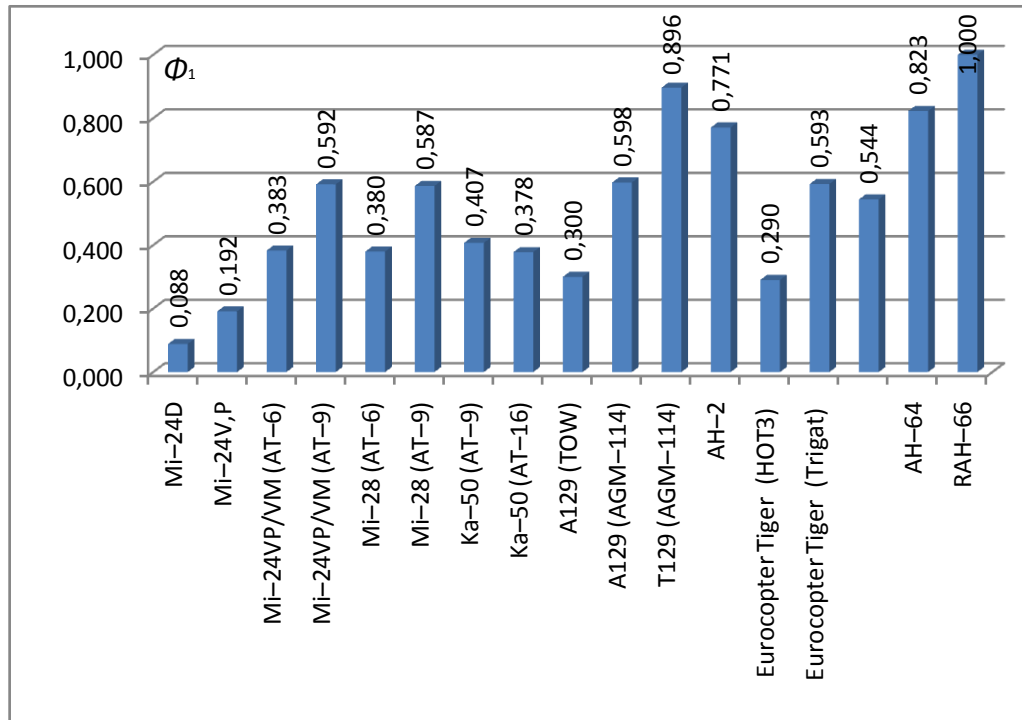
m_{fe} – a helikopter maximális felszálló tömege kg -ban.

$$\Phi_1 = \xi_p \cdot R_H \cdot \frac{1}{\varphi_{1 \max}} \quad (4.4)$$

ahol Φ_1 – az irányítható páncéltörő rakéta mennyiségétől és tömegétől függő harci hatékonysági együttható;

R_H – a helikopter harci hatósugara m -ben;

$\varphi_{1 \max} - \varphi_1 = \xi_p \cdot R_H$ szorzat maximális értéke.



68. ábra Harci hatékonysági együttható Φ_1 a 4. sz. melléklet alapján [152]

Az eredményeket megvizsgálva (4. sz. melléklet és 68. ábra) már sokkal **realisabb a minőségi különbségeket jobban kifejező** képet kapunk. Az eredményeket nagymértékben befolyásolja, hogy milyen irányítható páncéltörő rakétával van felfegyverezve a harci helikopter. Erre nagyon jó példa a Eurocopter „Tiger”, mert 3 különböző típusú rakétával vizsgálva igen nagy szórást mutatnak az eredmények. Azt a következtetést is levontam az eredményekből, hogy ez a fegyverkomplexum egészéről ad számszerű mutatót. A komplexumba itt besorolom a rakétát, a helikopter fegyvervezérlő és irányító rendszerét, és természetesen a személyzetet, közepes kiképzettségi mutatókkal.

Hatékonyság vizsgálati számítások során a hajózószemélyzet harckészségének⁷⁹ kiszámítása a harckészség együtthatóval – k_E történik. A k_E együttható értékei az alábbiak lehetnek:

- 0,5 – a mesterlövészek részére (mesterfokon kiképzett személyzet);
- 0,7 – a kiváló lövészek részére (kiválóan kiképzett személyzet);

⁷⁹ a személyzet harckészségét a kiképzési feladat végrehajtása során az elért éleslövészeti eredmények alapján lehet meghatározni.

- 1,0 – a jó lövészek részére (közepesen kiképzett személyzet);
- 1,25 – a megfelelő lövészek részére (megfelelően kiképzett személyzet).

Közepesen kiképzett személyzet alatt a $k_E=1,0$ mutatóval rendelkező személyzetet értjük. (A számítások során a k_E együtthatót elhagytam, mert nem befolyásolja a számításokat.) [S.3.][S.6.]

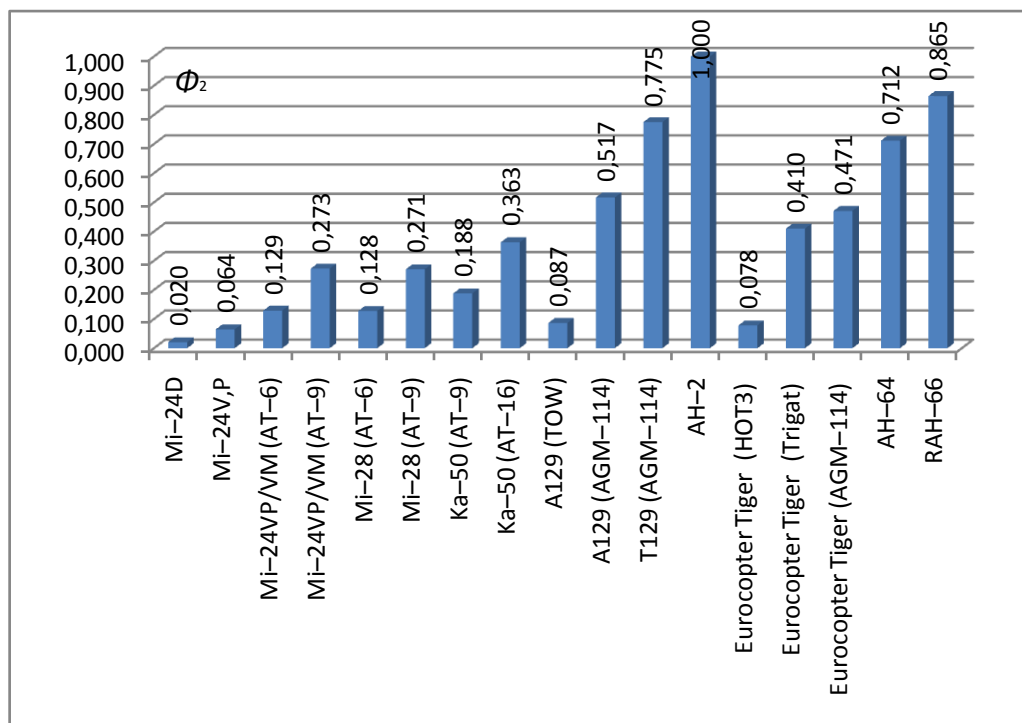
A kapott eredmény már sokkal jobban tükrözi a harci helikopter és az irányítható páncéltörő rakéta, mint fegyverkomplexum harci tulajdonságait. Ennek ellenére még tovább finomítottam az eljárást.

4.1.3. A függeszthető irányítható páncéltörő rakéta mennyiségétől, tömegétől, indítási távolságától és páncélatütő képességétől függő harci hatékonysági együttható (Φ_2)

Olyan számítást kívántam kidolgozni, amelyben valamilyen formában megjelennek az irányítható páncéltörő rakéták harcászati-technikai jellemzői is. Ezért a Φ_2 számítása során figyelembe vettem az irányítható páncéltörő rakéta maximális indítási távolságát (R_{ind}) és a maximális páncélatütő képességét (L) is.

$$\Phi_2 = \xi_p \cdot R_H \cdot R_{ind} \cdot L \cdot \frac{1}{\varphi_{2\ max}} \quad (4.5)$$

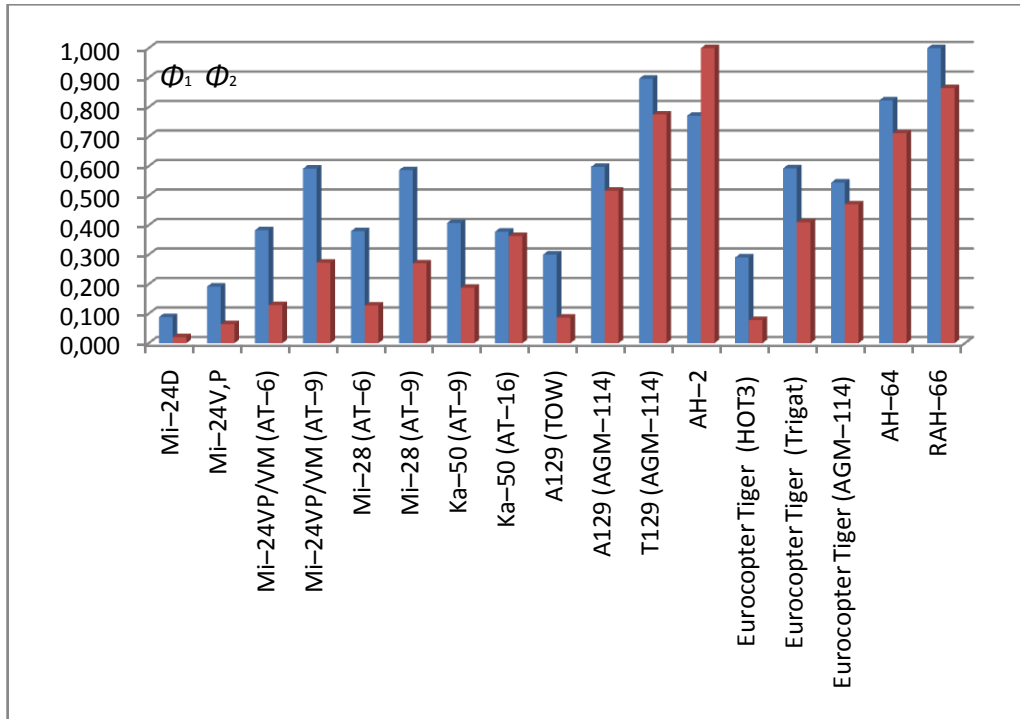
ahol R_{ind} – a páncéltörő irányítható rakéta maximálisan indítási távolsága m -ben;
 L – az irányítható páncéltörő rakéta maximális páncélatütő képessége, hengerelt homogén páncél esetében (RHA)⁸⁰ m -ben;
 $\varphi_{2\ max} - \varphi_2 = \xi \cdot R_H \cdot R_{ind} \cdot L$ szorzat maximális értéke.



69. ábra Harci hatékonysági együttható Φ_2 a 4. sz. melléklet alapján [152]

⁸⁰ RHA – Rolled Homogeneous Armour – hengerelt homogén páncél

Az eredmények a 4. sz. mellékletben és a 69. ábrán található és már jól tükrözik a helikopter hatékonyságát, igaz csak a páncéltörő képesség szempontjából. Ha egy harci helikopter nagyobb távolságról tud egy páncéltörő rakétát a célra vezetni, akkor nagyobb a túlélésének az esélye, mivel nem kell annyira megközelítenie a célt, tehát nagyon lényeges harcászati-technikai adat az irányítható rakéta maximális indítási távolsága. A Φ_1 és Φ_2 eredményeit egy közös grafikonon (70. ábra) is megjeleltem, így szembevetőbb, az irányítható rakéta befolyása az eredményre.



70. ábra Harci hatékonysági együttható Φ_1 és Φ_2 a 4. sz. melléklet alapján [152]

4.1.1. A függeszthető irányítható páncéltörő rakéta mennyiségétől, tömegétől, indítási távolságától, páncélatütő képességétől és találati valószínűségétől függő harci hatékonysági együttható (Φ_3)

Az értékelés szempontjából nem csak a maximális indítási távolság a leglényegesebb technikai paraméter, hanem az irányítható páncéltörő rakéta találati valószínűsége is. Ezért az eljárást még tovább finomítottam, mert az értékelésbe bevontam az irányítható páncéltörő rakéta találati valószínűségét⁸¹ (P) is, és így végeztem el a számításokat újra (71. ábra, 4. sz. melléklet).

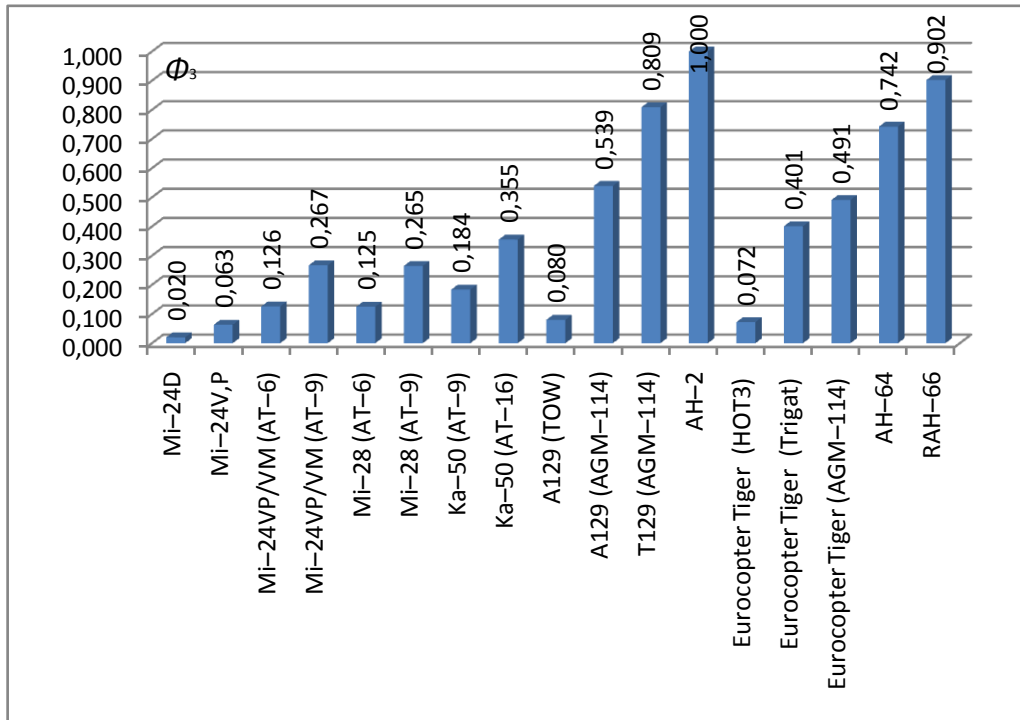
$$\Phi_3 = \xi_p \cdot R_H \cdot R_{ind} \cdot L \cdot P \cdot \frac{1}{\varphi_{3 \max}} \quad (4.6)$$

ahol R_{ind} – a páncéltörő irányítható rakéta maximálisan indítási távolsága m -ben;
 L – az irányítható páncéltörő rakéta maximális páncélatütő képessége, hengerelt homogén páncél esetében (RHA) m -ben;
 P – az irányítható páncéltörő rakéta találati valószínűsége (mértékegység nélküli, 0-1 közötti érték);

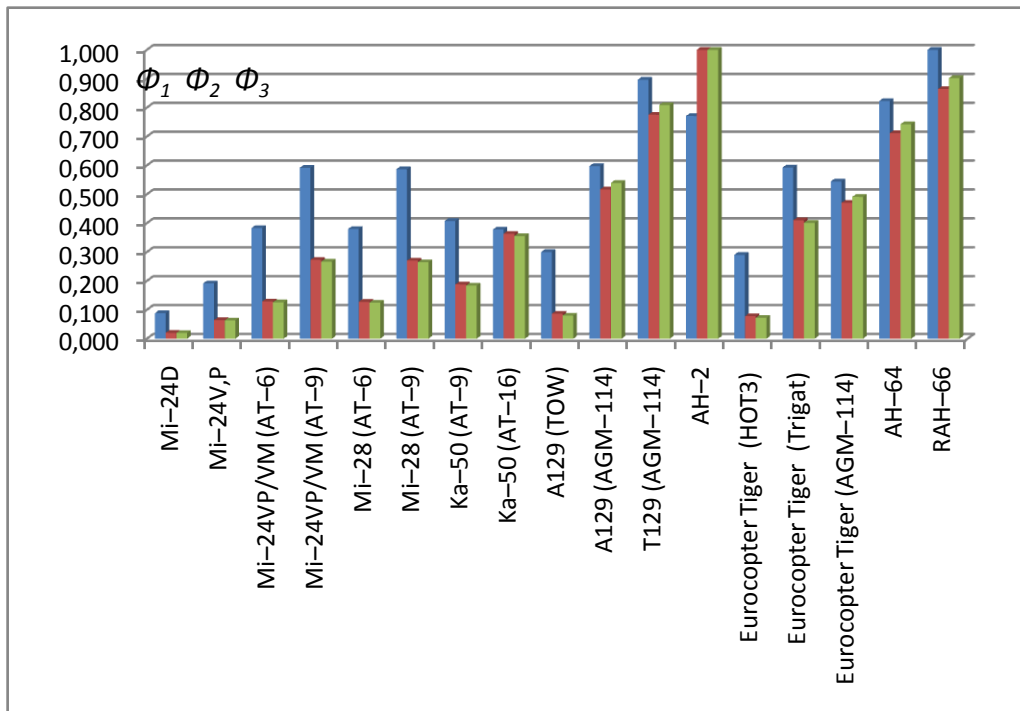
$\varphi_{3 \max} - \varphi_3 = \xi \cdot R_H \cdot R_{ind} \cdot L \cdot P$ szorzat maximális értéke.

⁸¹ A megsemmisítő eszköz találati valószínűségét főként a repülőfedélzeti megsemmisítő eszközök harci alkalmazása eredményeinek összehasonlításakor használjuk fel, mint a hatékonyság mutatóját. [S.3.][S.6.]

Értékelve az eredményeket, a legjobb eredményt a dél afrikai AH-2-es érte el. Ez köszönhető a „Mokopa” irányítható páncéltörő rakétának is, mert a harcászati-technikai adatai alapján kiemelkedik a többi rakéta közül. (lásd 3. sz. melléklet, 66 és 67. ábrák). A világ legdrágább és legjobbnak kikiáltott helikoptere a RAH-66, amely éppen a költségei miatt nem került sorozatgyártásra, érte el a második legjobb eredményt.



71. ábra Harci hatékonysági együttható Φ_3 a 4. sz. melléklet alapján [152]



72. ábra Harci hatékonysági együtthatók Φ_1 , Φ_2 és Φ_3 a 4. sz. melléklet alapján [152]

A harmadik a T129 (A129 török tenderre készült változata) helikopter már felvet egy érdekes kérdést. Mennyire befolyásolja az eredményt az irányítható páncéltörő rakéta harcászati-technikai jellemzője? Nagyon. Erre jó példa az A129 és a Mi-24 VM/VP helikopter. Az A129 helikopter egy gyengébb technikai paraméterekkel rendelkező TOW típusú páncéltörő rakétával jóval gyengébben szerepelt, mint a korszerű AGM-114K-val. Ugyanez elmondható a Mi-24VM/VP helikopterről is, bár itt nem mutatkoznak olyan nagy különbségek. A számított $\Phi_{1,2,3}$ alapján (72. ábra) a negyedik az AH-64 „Apache” helikopter lett.

4.2. KÖVETKEZTETÉSEK

A paraméterezett összehasonlító eljárás eredményeit figyelembe véve megállapítottam, hogy egy kevésbé korszerű harci helikopter, egy korszerű irányítható páncéltörő rakétával felfegyverezve képes jó eredményeket produkálni. Mindehhez viszont hozzá kell azt is tenni, hogy harci körülmények között a más jellegű gyengébb tulajdonságai miatt (pl.: felderíthetőség, sebezhetőség) nem lenne képes maradéktalanul kihasználni a fedélzeti fegyverek adta lehetőségeket.

Ebből is következik, hogy a helikopterek rangsorolása során a többi rendszer működéséről készült összehasonlításokat is figyelembe kell venni, mert ez az eljárás a fedélzeti fegyvertechnikai szempontból vizsgálja az eszközöket, azon belül, pedig az irányítható páncéltörő rakétával, páncélvadász helikopterként felszerelt eszközökre vonatkozik. A kiválasztásakor mindenképpen sokkal több szempontot kell figyelembe venni (pl. célzó-navigációs rendszer pontossága, fedélzeti lokátor megléte esetén annak felbontóképessége⁸² stb.).

A 73. ábrán a korábbi számítások eredményeinek átlagát mutatom be. Egyszerű matematikai átlagot számítottam a Φ_1 , Φ_2 és Φ_3 értékekből:

$$\Phi_{\text{átl}} = \frac{\Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3}{3} \quad (4.7)$$

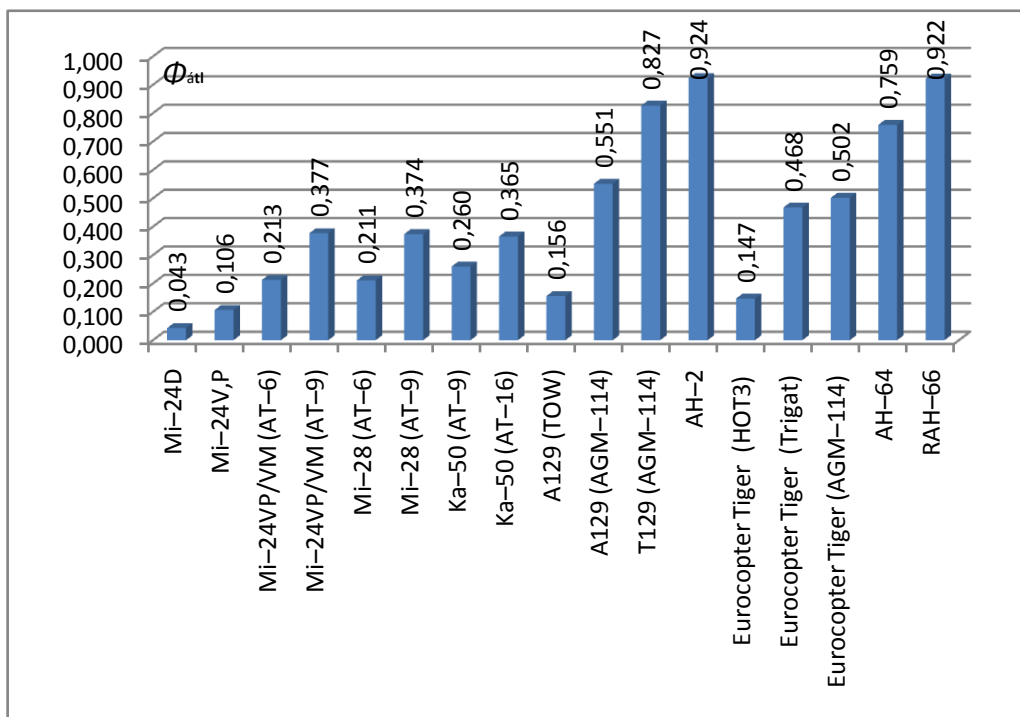
A kapott eredmények alapján új eszköz beszerzése, vagy a meglévők felújítása esetén javaslom a következőket:

- AH-64 – Az ára miatt csak AH-64D beszerzése nagyon nagy költségekkel járna, így beszerzés során vegyesen javaslom 1:2 vagy 1:3 arányban az AH-64D és AH-64A helikoptereket. Önmagában csak az AH-64A beszerzése is nagy előrelépés lenne. Fegyverzeti szempontból az egyik legjobb választás. Negatívuma a magas beszerzési ára.
- A129 – Ez a helikopter csak a AGM-114 irányítható rakétával mutatott jó eredményt, más rakétával már nem javaslom;
- T129 (A129) – Nagyon jó eredményt produkált az összehasonlításban. Egy beszerzés esetén hasonlóan, mint az AH-64D esetén lehetne vegyesen be-

⁸² lokátor felbontóképesség alatt értjük két egymás mellett tartózkodó légi vagy földi cél esetén, azt a minimális távolságot a célok között – mind helyszögben, mind pedig távolságban –, mikor a lokátor azt két különálló célként érzékeli.

szerezni az A129 helikopterrel, mivel ugyanazon típus különböző változatairól van szó. Az eredmények alapján fegyverzeti szempontból az egyik legjobb választás. Kellően nagy mennyiség üzemel már belőle, így üzemeltetési tapasztaltok is rendelkezésre állnak.

- AH-2 – A legjobb eredményt érte el, de negatívumként az eddig legyártott kis darab számot (12 db) és ebből következően a kevés üzemeltetési tapasztalatot tartom. A török helikopter beszerzésén is nagy eséllyel indult, de végül „csak” politikai okok miatt maradt alul a T129-el szemben.
- Tiger PAH-2 – Minkét rakétával (Trigat és AGM-114) közel azonos eredményt hozott, a számításaim alapján beszerezhető típus. Rendszerbeállítása esetén hasonló vegyes változat is elképzelhető, mint az AH-64 vagy az A129-T129 esetében.



73. ábra Harci hatékonysági együttható Φ_{att} a 4. sz. melléklet alapján [152]

A jelenleg hadrendben található harci helikopterek modernizálása is jelentős előrelépés lenne harcászati-technikai adatok tekintetében, így felújítás esetén mindenképpen javaslom egy Mi-24VM típusra való felújítást (átépítést). Ennek a modernizációs változatnak igen komoly pozitívuma, hogy az infrastruktúrát csak kismértékben kell változtatni valamint a hajózó és műszaki személyzet sem igényel teljes körű átképzést, mert a típus nem változik. [S.1.][S.13.][S.15.]

AZ ÉRTEKEZÉS KUTATÁSI EREDMÉNYEINEK ÖSSZEGZÉSE

Mivel a Magyar Honvédség helikopter eszközparkjának üzemideje korlátozott, így előbb vagy utóbb, de elkerülhetetlen lesz azok cseréje és/vagy felújítása. Az új eszközök és/vagy a meglévők felújítása során – a rendszer és a repülőeszköz bonyolultsága miatt – felelős döntés, a számításba jöhető típusok szakmai munkacsoportok (repülőszakemberek, harcászati és közgazdasági szakértők) által, egységes szempontok szerint végrehajtott elemzéseinek összevetését követően hozható meg.

Értekezésemmel egy ilyen szakértői munkához kívántam hozzájárulni, olyan formában, hogy repülőfedélzeti fegyvertechnikai szemszögből megvizsgáltam és elemeztem egy harci helikopter modernizáció során szóba jöhető típusokat. Az elemzéseim alapján a következő megállapításokat és javaslatokat fogalmaztam meg [1]:

- A RAH-66 „Comanche” harci helikopter programot törölték, így a helikopter rendszerbeállítása nem lehetséges. Csak néhány prototípus létezik belőle.
- Feldolgozva a török hadsereg helikopter beszerzésével kapcsolatos információkat, arra a következtetésre jutottam, hogy a Ka-50/52, Ka-50-2 helikopterek nagyon drágák, beszerzését a jelenlegi információk birtokában nem javaslom. (A törökök magas ára miatt kizárták a tenderből.) Az Orosz Hadseregrepülők egy látványos Ka-50 baleset után megváltoztatták a harci helikopterek modernizációjával kapcsolatos korábbi döntésüket és a Mi-28 helikoptert részesítették előnyben a Ka-50-nel szemben.
- A török tenderen a magas ára miatt az Eurocopter „Tigert” is kizárták, pedig vizsgálataim szerint ezt a gépet az élmezőnyben találjuk. Háromféle irányítható páncéltörő rakétával lehet felszerelni. Ezek közül a francia-német közös fejlesztésű „Trigat” rakéta érte el a legjobb eredményeket, igaz AGM-114 „Hellfire II” rakéta alig maradt el mögötte. Beszerzés esetén mindenképpen valamelyik korszerűbb rakétát kell választani.
- Nagyon jó eredményeket produkált az AH-2 „Rooivalk” helikopter. Ez annak köszönhető, hogy igen korszerű irányítható páncéltörő rakétával rendelkezik, amelynek a páncélatütő képessége a gyártó adatai szerint a legnagyobb az összes hasonló rakéta közül. Ez mindenképpen befolyásolta a kapott eredményeket. Mivel még nagy szériában nem gyártják (összesen 12 db készült belőle a dél-afrikai hadsereg megrendelésére) így komoly üzemeltetési tapasztalatok sem ismeretesek a helikopterről. Igaz a török tenderen az előzetes válogatáson továbbjutott és a második fordulóban az A129 (T129) volt a vetélytársa. Ezt valószínű, hogy a kedvező árkonstrukcióval érte el a dél-afrikai gyártó.
- Az A129 helikopter az eredményeket vizsgálva a különböző irányítható páncéltörő rakétával egymástól jelentősen eltérő eredményeket ért el. A TOW rakétával közepes eredményeket hozott, de az AGM-114 „Hellfire II” rakétával a mezőny elején találjuk. Az A129 „International” változat megfelelné a Magyar Honvédség igényeinek. Az A129 török tenderre készült T129-es változat jobb eredményt ért el, mint a „Longbow Apache”, így egy beszerzés esetén semmiképpen nem szabad figyelmen kívül hagyni. Beszer-

zési ára jelenleg még nem ismert, de az európai összeszerelés előnyös lehet, mert a költségeket nem terheli a tengeren túli szállítás ára.

- Az egyik legjobb a vizsgált helikopterek közül az AH-64 „Apache”. Az ára viszont igen magas, magasabb a törökök által kizárt Eurocopter „Tiger”-nél is. Viszont egy kipróbált, komoly háborús tapasztalatokkal rendelkező típus. A jelenleg rendszerben levő helikopterek közül az egyik legjobb választás lenne.
- A Mi-28 harci helikopter elég gyengén teljesített. Gyengébben (igaz csak nagyon kicsivel), mint a modernizált Mi-24VM. Ez abból következik, hogy méretéhez képest nagy a saját tömege és viszonylag kicsi a hatósugara. (A Ka-50 is hasonló értéket mutatott.)
- A Mi-24VM modernizált helikopter nagyon jó eredményt ért el. Igaz, hogy a modernizálás során, a gép gyenge manőver jellemzői jelentősen nem javultak, de a korszerű elektronikának, nagy számban alkalmazható irányítható páncéltörő rakétának köszönhetően, jó eredményeket produkált. Mivel felújított, modernizált helikopterről van szó, mely magasabb harcászati paraméterekkel rendelkezik, mint a kiinduló típus, valószínűsítem, hogy a legkisebb bekerülési költséggel elérhető változat lenne. Sőt a képzési és infrastrukturális költség is minimalizálható lenne. [1][2][13][15][86]

A modernizáció során bármely változatot is választva figyelembe kell venni a tárgyalások során az esetleges hazai alkatrész beszállítás, összeszerelés, és/vagy a gazdasági ellentételezés lehetőségét is, ami nagymértékben befolyásolhatja a tender kimenetelét. A felsorolt és összehasonlított típusok közül a Mi-24VM változatnak az a nagy előnye, hogy az infrastruktúrát nem kell megváltoztatni, a műszaki és hajózó személyzet kiképzése is jelentősen kevesebbe kerülne, mint egy új típus esetén.

Értekezésemben kidolgoztam egy a harci helikopterek fegyverrendszerét összehasonlító módszert, amely segítséget nyújthat ahhoz az összetett vizsgálatához, amit egy szóba jöhető tender során az eszközök kiválasztása jelent.

Azt sem szabad elfelejteni, hogy egy ilyen bonyolult, költséges eszköz beszerzésekor nem csak az eszközt kell megvásárolni, hanem a hozzátartozó üzemeltetési infrastruktúrát, illetve a fegyvertechnikai eszközöket is. Mint általában a piacgazdaság szinte minden területén egy eszközre jutó fajlagos költség annál kisebb, minél többet vásárolunk belőle. Vagyis 6-8 helikopter beszerzése esetén ugyanúgy be kell szerezni a teljes üzemeltetési infrastruktúrát, mint 10-12 vagy esetleg 20-22 eszköz esetében.

Harci helikopter modernizáció során az önvédelmi képességeket sem szabad figyelmen kívül hagyni, mert egy korszerű repülőgép hiába rendelkezik effektív megsemmisítő eszközökkel, ha kézi fegyverekkel egyetlen lövéssel harcképtelenné tehető. Éppen ezért a kiválasztás során erre is kellő hangsúlyt kell fektetni. Ehhez is segítség lehet a dolgozatomban szereplő – a fedélzeti tűzfegyverek páncéltűrő képességét összehasonlító rész, mivel meghatározható belőle, hogy milyen páncéltűrővel kell, hogy rendelkezzen a helikopter ahhoz, hogy a passzív védelme megfele-

lő mértékű legyen a kézi fegyverekkel, vagy az ellenséges harci helikopterek tűzfegyvereivel szemben.

Vizsgálataim alapján javaslom a jelenleg üzemeltetett harci helikoptereink további üzemeltetését, valamint felújítását, feljavítását egy magasabb harcászati paraméterekkel rendelkező változatra (pl. minimálisan az éjszakai bevethetőség biztosítása), figyelembe véve az eszközök technikai és naptári üzemidő tartalékait, valamint egy 5 éves periódusban új harci helikopterek beszerzését tartom szükségesnek.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az értekezésemben bemutatott kutató munkám tudományos eredményeit a következő tézisekben foglalom össze:

1. Tézis: A lövedékek ütőhatásának elméleti számvetéseiből kidolgoztam egy számítási eljárást, mellyel összehasonlíthatóvá tehető a harci helikopterek fedélzeti tűzfegyverei. [S.18.]
 - 1.1. Összegyűjtöttem és rendszereztem a harci helikopterek fedélzeti tűzfegyvereinek harcászati-technikai adatait és elvégeztem az összehasonlítást.
2. Tézis: Bizonyítottam, hogy a harci helikopterek nem helyettesíthetők felfegyverzett többfeladatú helikopterekkel.
 - 2.1. Ehhez felírtam a harci helikopterek általános hatékonysági kritériumát majd elemeztem a csapásmérő képességet.
 - 2.2. A fedélzeti tűzfegyverek páncéltűtő képességének vizsgálatakor bizonyítottam, hogy a páncélvédelem nélküli helikopter nem, vagy csak korlátozottan képes bizonyos harcfeleletek ellátására.
3. Tézis: Bizonyítottam, hogy a harci helikopterek csapásmérő képességét nagymértékben befolyásolják az alkalmazott fedélzeti fegyverek harcászati-technikai jellemzői. [S.15.]
 - 3.1. Ehhez, az összehasonlítások során a számításokat a harci helikopterre függeszthető, több, különböző típusú irányítható páncéltörő rakétával is elvégeztem.
4. Tézis: Kidolgoztam egy összehasonlító eljárást, mellyel optimális esetben – ha a harci helikopterről és fegyverzetéről minden szükséges adat ismert – számszerű, összehasonlítható, harci hatékonysági együtthatót lehet kiszámítani. [S.13.][S.15.]
 - 4.1. Az összehasonlító eljárás érdekében összegyűjtöttem a jelenleg a legmodernebbnek számító harci helikopterek szükséges harcászati-technikai jellemzőit.
 - 4.2. Az összehasonlító eljárás érdekében összegyűjtöttem és rendszereztem a korszerű harci helikopterek fegyverzetének harcászati-technikai jellemzőit.
 - 4.3. Elvégeztem a harci helikopterek harci hatékonyságára vonatkozó szükséges számításokat.
 - 4.4. A kapott eredményeket elemezve fegyvertechnikai szempontból rangsort állítottam fel a jelenleg ismert harci helikopterek között.

AZ ÉRTEKEZÉS FELHASZNÁLHATÓSÁGA

Az értekezés egésze és egyes fejezetei külön-külön is felhasználhatók a harci helikoptereket üzemeltető mérnökök, valamint az üzemeltetésben résztvevő állomány képzésében és továbbképzésében, valamint a Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem Bolyai János Katonai Műszaki Kar szakirányú BSc és MSc képzéseinél.

Az értekezésben kidolgozott összehasonlító eljárás eredménye felhasználható egy harci helikopter beszerzés alkalmával, a pályázaton részt vevő eszközök fegyverzeti szempontból történő rangsorolására.

Az összehasonlító eljárás átalakíthatás után alkalmazható más haditechnikai eszközök összehasonlítására is.

Szolnok, 2008. május 31.

Szilvássy László

KÖSZÖNETNYÍLVÁNÍTÁS

Mindenek előtt köszönetemet fejezem ki témavezetőmnek *Prof. Dr. Óvári Gyula nyá. okleveles mérnök ezredes Úrnak*, akitől tanulmányaim és kutatásaim során nagyon sok segítséget és instrukciót kaptam, türelmesen és nagy hozzáértéssel irányította munkámat.

Köszönetemet fejezem ki mindazoknak, akik hasznos tanácsaikkal, véleményükkel, észrevételeikkel érdemben hozzájárultak e dolgozat elkészítéséhez.

Végül, de nem utolsó sorban, nagyon hálás vagyok családomnak, hogy az elmúlt években segítettek, támogattak és nyugodt légkört biztosítottak számomra.

Ajánlom e művet Encinek, hálám jeléül!

ÁBRAJEGYZÉK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

ÁBRÁK

1. ábra A repülőeszközök felosztása F_y felhajtó erő létrehozása szerint [4][153]	9
2. ábra PKZ-1 [54].....	9
3. ábra PKZ-2 [54].....	10
4. ábra Cierva C-30 autogiro [36].....	11
5. ábra Sikorsky R-4 [41].....	11
6. ábra Fa 223 [42]	12
7. ábra A-7 [43].....	13
8. ábra UH-1 „Iroquois” [45]	14
9. ábra AH-1 Cobra [40].....	14
10. ábra Mi-24A [69]	16
12. ábra Mi-8 [70].....	17
13. ábra Mi-24VP [71].....	17
14. ábra AH-64D Longbow Apache [62]	18
15. ábra A vizuális felderítés valószínűsége a távolság függvényében [1][152]	25
16. ábra A RAH-66 helikopter felderíthetősége [91][151].....	29
17. ábra A Mi-24VM harci helikopter [73]	32
18. ábra Mi-28 [74][151]	35
19. ábra Ka-50 [81][151]	38
20. ábra Az AH-64 [61][151]	43
21. ábra RAH-66 „Comanche” [90]	47
22. ábra RAH-66 „Comanche” [90].....	47
23. ábra Eurocopter „Tiger” [98].....	49
24. ábra Augusta A129 CBT [105].....	50
25. ábra AH-2 Rooivalk [107]	53
26. ábra A helikopter fedélzeti fegyverzet komplexum [32]	54
27. ábra Repülőfedélzeti lőszerrendeltetés szerinti felosztása.....	55
28. ábra A lövedék mozgása [17][19][151]	56
29. ábra A lövedékre ható erők [17][19][151]	57
30. ábra A közegellenállás ereje [17][18][151].....	61
31. ábra Behatolás réteges akadályba [17][19][151].....	62
32. ábra A kiskeményességű páncél lyukasztása [17][18][151]	63
33. ábra Közepes keménységű páncél átütése [17][18][151].....	63
34. ábra Nagykeményességű páncél átütése [17][18][151]	64
35. ábra Védőköpeny alkalmazása [17][18][151].....	64
36. ábra Páncéltörő lövedék [17][18][151].....	64
37. ábra A lövedék nagysebességű becsapódása [17][18][151]	65
38. ábra A robbanástermékek szétrepülése [17][18][151]	67
39. ábra A robbanástermékek szétrepülésének iránya [17][18][151]	68
40. ábra Robbanási mező irányítása az inicializálás helyének megváltoztatásával [17][18][151]...	69
41. ábra Lencse hatása a robbanási hullámra [17][18][151]	69
42. ábra A kumulatív hatás kialakulása [17][18][151].....	70
43. ábra A töltet aktív része [17][18][151].....	71
44. ábra Fémköpeny hatása [17][18][151].....	71
45. ábra A kumulatív sugár kialakulása [17][18][151].....	72
46. ábra Folyadéksugarak találkozása [17][19][18][151].....	73
47. ábra A folyadéksugarak sebességviszonyai [17][19][18][151].....	73
48. ábra Hengeres kumulatív belés [17][18][151].....	74
49. ábra A páncél áttörése [17][18][151].....	74
50. ábra A sugár és az üreg hossza [17][18][151].....	75
51. ábra A kumulatív töltet geometriai viszonyai [17][18][151].....	77
52. ábra Köpeny előkészítési módok [17][18][151].....	78
53. ábra Repülőfedélzeti tűzfegyverek felosztása az újratöltés művelete szerint [20][33][153]	80
54. ábra Repülőfedélzeti tűzfegyverek felosztása a meghajtás elve szerint [20][33][153]	80
55. ábra A harci helikopter fedélzeti lőfegyvereinek páncéltűrő képessége [152]	82
56. ábra A Hydra-70 rakéta néhány típusa [125][151]	84

57. ábra Az Sz-8 rakéta néhány típusa [114][151].....	85
58. ábra Rövid hatótávolságú légiharc rakéták fejlődése [117][118][151] ⁷⁴	87
59. ábra Aktív önirányítás [50][151].....	89
60. ábra Félaktív önirányítás [50][151].....	89
61. ábra Passzív önirányítás [50][151].....	90
62. ábra Távirányítás vagy parancs irányítás [151][151].....	91
63. ábra Félaktív önirányítás [151].....	91
64. ábra Aktív önirányítás [151].....	92
65. ábra Harci hatékonysági együttható Φ_0 a 4. sz. melléklet alapján [152].....	97
66. ábra. A helikopter fedélzeti irányítható páncéltörő rakéták maximális indítási távolsága [152].....	98
67. ábra. A helikopter fedélzeti irányítható páncéltörő rakéták maximális páncélatütő képessége [152]....	99
68. ábra Harci hatékonysági együttható Φ_1 a 4. sz. melléklet alapján [152].....	100
69. ábra Harci hatékonysági együttható Φ_2 a 4. sz. melléklet alapján [152].....	101
70. ábra Harci hatékonysági együttható Φ_1 és Φ_2 a 4. sz. melléklet alapján [152].....	102
71. ábra Harci hatékonysági együttható Φ_3 a 4. sz. melléklet alapján [152].....	103
72. ábra Harci hatékonysági együtthatók Φ_1 Φ_2 és Φ_3 a 4. sz. melléklet alapján [152].....	103
73. ábra Harci hatékonysági együttható $\Phi_{\text{át}}$ a 4. sz. melléklet alapján [152].....	105

TÁBLÁZATOK

1. táblázat A MH-ben rendszerben lévő helikopterek naptári üzemideje [5][153].....	21
2. táblázat A hang terjedési sebessége és az ebből számított dinamikuság értékei néhány közeg esetében [17][19][153].....	56
3. táblázat Az A , b , k_b együtthatók értékei [17][19][18][151].....	60
4. táblázat A λ és λ_1 együtthatók értékei [17][19][18][151].....	60
5. táblázat Néhány helikopter fedélzeti fegyver páncélatütő képességének összehasonlítása [153].....	82
6. táblázat Nemirányítható rakéták (NIR) adatai [153].....	86
7. táblázat. Önirányítású légiharc rakéták adatai [153].....	94
1. sz. melléklet Harci helikopterek jellemzői.....	126
2. sz. melléklet Harci helikopterek beépített tűzfegyverei.....	127
3. sz. melléklet A helikopter fedélzeti irányítható páncéltörő rakéták adatai.....	128
4. sz. melléklet A harci helikopterek főbb harcászati-technikai jellemzői és a Φ_0 Φ_1 Φ_2 Φ_3 és $\Phi_{\text{át}}$ harci hatékonysági együttható értékei.....	129

FELHASZNÁLT IRODALOM - IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] ÓVÁRI GYULA Nyugati és szovjet gyártmányú légi járművek együttes üzemeltetésének, valamint repülő mérnök-műszaki biztosításának lehetőségei az MH repülő alakulatainál, Egyetemi doktori értekezés, Zrínyi Miklós Katonai Akadémia, 1994, 79-89 oldal
- [2] DR. ÓVÁRI GYULA A Magyar Honvédség repülőeszközei típusváltásának és üzemeltetésének lehetőségei gazdaságossági-hatékonysági kritériumok, valamint NATO-csatlakozás figyelembevételével, A légierő fejlesztése, Tanulmánygyűjtemény, HM oktatási és Tudományszervező Főosztály, Budapest, 1997, 9-129 oldal
- [3] DR. ÓVÁRI Gyula Korszerű harcászati repülőgépek műszaki üzemeltetésének sajátosságai és gazdaságossági-hatékonysági kérdési, MHTT kiadványa, Budapest 1998, 33-69 oldal
- [4] DR. ÓVÁRI Gyula Repülőeszközök kormányvezérlő rendszerei, Multimédiás tananyag (kézirat) ZMNE-BME, 2007
- [5] Éves jelentés a repülőeszközök helyzetéről 2007, HM FLÜ, Budapest, 2007
- [6] Hadtudományi lexikon, MHTT, Budapest 1995, 509, 513-514, 776-777. oldal
- [7] Műszaki lexikon, Akadémiai Kiadó, Budapest, 1980, 3. kötet N-Z, 420 oldal
- [8] JUHÁSZ János A harci helikopterek feladatrendszere és a velük szemben támasztott követelmények a NATO-ban, „A Mi-24 harci helikopterek korszerűsítése” tudományos konferencia előadása, Katonai Logisztika 8. évfolyam, 2000/2, 133-1147. oldal
- [9] DR. ÓVÁRI Gyula Korszerű csapásmérő helikopterek harcászati-technikai jellemzői, alkalmazási lehetőségei, „A Mi-24 harci helikopterek korszerűsítése” tudományos konferencia előadása, Katonai Logisztika 8. évfolyam, 2000/2, 147-168. oldal
- [10] SZÉKELY Gábor Az ezredforduló harci helikoptere a Mi-24 típus bázisán, „A Mi-24 harci helikopterek korszerűsítése” tudományos konferencia előadása, Katonai Logisztika 8. évfolyam, 2000/2, 192-198. oldal
- [11] URBÁN József Javítás – élettartam-növelés – korszerűsítés – A Mi-24 típusú harci helikopterek korszerűsítése, „A Mi-24 harci helikopterek korszerűsítése” tudományos konferencia előadása, Katonai Logisztika 8. évfolyam, 2000/29 192-214. oldal
- [12] KÓNYA László A Mi-24 típusú harci helikopterek fegyverrendszereinek fejlesztési elvei, az eddig megvalósult korszerűsítések áttekintése, „A Mi-24 harci helikopterek korszerűsítése” tudományos konferencia előadása, Katonai Logisztika 8. évfolyam, 2000/2, 215-221. oldal
- [13] Oroszország katonai repülőipara. – Értékelés, TÁJÉKOZTATÓ a külföldi repülési szakfolyóiratokban megjelent fontosabb cikkekről és információkról, MH RMSzF kiadványa, 2005/4, 25-64 oldal
- [14] BÉKÉSI Bertold A katonai repülőgépek üzemeltetésének, a kiszolgálás korszerűsítésének kérdési, Doktori értekezés, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi

Egyetem, 2006, Budapest

- [15] UNGVÁR Gyula A fegyverek hatékonyságának és gazdaságosságának összefüggései, Hadtudomány, 1992/2, 52-60 oldal
- [16] Id/16 Idegen hadseregek katonai repülőerőiben rendszeresített főbb fedélzeti pusztító eszközök, Magyar Honvédség kiadványa, 1993, 125-131, 151-164 oldal
- [17] KAKULA János Robbanóanyagok és a robbanás hatásai, Magyar Néphadsereg Kilián György Repülőműszaki Főiskola, Szolnok, 1990, 97-115, 116-126. oldal
- [18] KAKULA János Rakéták szerkezetana, Magyar Néphadsereg Kilián György Repülőműszaki Főiskola, Szolnok, 1989, 3-12. oldal
- [19] А. Н. ДОРОФЕЕВ, А. П. МОРОЗОВ, Р. С. САРКИСЯН Авиационные боеприпасы⁸³, ВВИА Нью Ею Жуковского, 1978, стр. 87-261
- [20] Г. А. Жирных и др. Авиационное автоматическое оружие⁸⁴, ВВИА Нью Ею Жуковского, 1960, стр. 87-261
- [21] Re/997 A repülőfegyverzet üzembentartásának elméleti alapjai IV. Repülő-lőszer, Honvédelmi Minisztérium kiadványa, 1983, 91-336. oldal
- [22] A repülőfedélzeti fegyverberendezések működésének és üzemeltetésének elméleti alapjai I. könyv, MN Repülőfőnökség kiadása, 1977, 82-201, 320-512. oldal
- [23] П. И. Андриенко Теория вероятностей и боевой эффективности⁸⁵, Военное издательство МО СССР, Москва 1979
- [24] Re/1193 JakB-12,7 Fedélzeti géppuska, Műszaki leírás és üzembentartási szakutasítás 9-A-625 TO, 1984, 4-11. oldal
- [25] Авиационный пулемёт ЯкБ-12,7 техническое описание и инструкция по эксплуатации⁸⁶, Москва, «Машиностроение» 1980, стр. 3-6
- [26] Re/903 GS-23L Repülőgép fedélzeti gépágyú, Műszaki leírás és üzemeltetési szakutasítás, Honvédelmi Minisztérium kiadványa, 1973, 3-7. oldal
- [27] 30 мм АВИАЦИОННФЯ ПУШКА ГШ-30-1, Учебное пособие⁸⁷, стр. 5-6
- [28] Wikipedia The Free Encyclopedia (GSh-30-2 e-dok.) url:
http://en.wikipedia.org/wiki/Gryazev-Shipunov_GSh-30-2
- [29] ТУЛАМАШЗАВОД⁸⁸ (30.мм пушка 2А42 e-dok.) url:
http://www.tulamash.ru/prod_2a42.htm
- [30] WorldWeapon.ru⁸⁹ (Пушка 2А42 e-dok.) url:
<http://worldweapon.ru/vertuski/2a42.php>
- [31] LŐRINCZ Attila Repülőfedélzeti fegyverzet komplexum, Magyar Honvédség Kilián György Repülőműszaki Főiskola, Szolnok, 1990, 7-14. oldal
- [32] GYÖNGYÖSI Ferenc-LŐRINCZ Attila-KÓNYA László-KAKULA János Repülőgép-fedélzeti fegyverberendezések fejlesztési eredményeinek elemzése, Tanul-

⁸³ Repülőfedélzeti lövedékek (A szerző fordítása)

⁸⁴ Repülőfedélzeti lőfegyverek (A szerző fordítása)

⁸⁵ A valószínűség számítás és a harci alkalmazás hatékonyságának alapjai (A szerző fordítása)

⁸⁶ A JakB–12,7 repülőfedélzeti géppuska, Műszaki leírás és üzembentartási szakutasítás (A szerző fordítása)

⁸⁷ GS-301 repülőfedélzeti gépágyú, Tansegédlet (A szerző fordítása)

⁸⁸ Tulia fegyvergyár, 2A42 30 mm gépágyú (A szerző fordítása)

⁸⁹ Világ fegyverei 2A42 gépágyú (A szerző fordítása)

- mány, Magyar Honvédség Kilián György Repülőműszaki Főiskola, Szolnok, 1990, 7-14. oldal
- [33] ZSILÁK András mérnök alezredes Repülőgép-fedélzeti lőfegyverek, Kilián György Repülőműszaki Főiskola, 1984, 55-113. oldal
- [34] Re/994 Segédlet a célzókészülékek rendszereinek üzembentartásához, Szabályzat, A Honvédelmi Minisztérium kiadványa, 1982 30-42. oldal
- [35] POKORÁDI László Rendszerek és folyamatok modellezése, Campus Kiadó, Debrecen 2008., 63-86
- [36] Wikipedia The Free Encyclopedia⁹⁰ (Cierva C.30 e-dok.) url: http://en.wikipedia.org/wiki/Cierva_C.30
- [37] All the World's Rotorcraft⁹¹ (Focke-Wulf Fw61. e-dok.) url: http://avia.russian.ee/helicopters_eng/fw-61.php
- [38] All the World's Rotorcraft (The History of Helicopters e-dok⁹².) url: <http://avia.russian.ee/history/index.html>
- [39] All the World's Rotorcraft (Bell D-255 e-dok.) url: http://avia.russian.ee/helicopters_rus/bell_d-255-r.html
- [40] All the World's Rotorcraft (AH-1 e-dok.) url: http://avia.russian.ee/helicopters_eng/bell_ah-1-r.html
- [41] All the World's Rotorcraft (S-4 e-dok.) url: http://avia.russian.ee/helicopters_eng/sik_r-4-r.html
- [42] All the World's Rotorcraft (Fa.223 e-dok.) url: http://avia.russian.ee/helicopters_eng/focke_drache-r.html
- [43] All the World's Rotorcraft (Kamov A-7 e-dok.) url: http://avia.russian.ee/helicopters_eng/kamov_a-7-r.html
- [44] All the World's Rotorcraft (AH-64D e-dok.) url: http://avia.russian.ee/helicopters_eng/mcdonnel_longbow-r.html
- [45] All the World's Rotorcraft (UH-1 e-dok.) url: http://avia.russian.ee/helicopters_eng/bell_uh-1-r.html
- [46] ГОРДЕНКО, Ю. В. – МОРОЗОВ, В. П. – ПРИБЫЛОВ, А. С. Военная авиация⁹³ 1, Попурри, Минск 2000, стр. 121-123, 335-338, 354-357, 361-367
- [47] ГОРДЕНКО, Ю. В. – МОРОЗОВ, В. П. – ПРИБЫЛОВ, А. С. Военная авиация 2, Попурри, Минск 2000, стр. 11-13, 55-59, 185-187, 235-237, 313-315, 335-336, 348-349, 352-353, 374-375, 251-252, 267, 274
- [48] GUNSTON, B. Modern helikopterek (Harci fegyverek sorozat), Phonix könyvek, Debrecen, 1993, 24-25, 40-41, 46-47, 50-51, 56-57, 60-61 oldal
- [49] GUNSTON, B. A repülés száz éve, Glória Kiadó 2002, 126-135 oldal
- [50] GUNSTON, B. Korszerű harci repülőgépek fegyverzete, Zrínyi Kiadó 1995, 134-137 oldal

⁹⁰ Wikipedia a szabad enciklopédia (A szerző fordítása)

⁹¹ Világ összes forgószárnyasa (A szerző fordítása)

⁹² Helikopterek története (A szerző fordítása)

⁹³ Katonai repülés (A szerző fordítása)

- [51] GUNSTON, B. – SPICK M. Modern fighting helicopters⁹⁴, Salamander Books Ltd., 1986, p. 10-77, 96-97, 104-105, 114-115, 130-131, 142-143, 146-147, 190-203
- [52] Magyar Larousse Enciklopédia 1., Librairie Larousse, Paris 1979 - Akadémiai Kiadó, Budapest, 1991, 200, 601. oldal
- [53] JEFFLEWIS.NET Autogyros (e-dok.) url:
<http://www.jefflewis.net/autogyros.html#future>
- [54] Világhíres feltalálókink PKZ-1 és PKZ-2 helikopter (e-dok.) url:
<http://www.feltalalokink.hu/tudosok/asbothoszkarak/html/asbosztal2.htm>
- [55] ИВАНОВ, Юрий Винтокрылы⁹⁵ ВЕРТОЛЕТ Информационный Технический Журнал⁹⁶ (ISSN 1562-2673) 1999/4 стр. 40 - 43
- [56] KORMOS LÁSZLÓ A helikopterek katonai alkalmazása (e-dok.) url:
<http://www.zmne.hu/kulso/mhtt/hadtudomany/1998/ht-1998-3-7.html>
- [57] Миль, Елена. - Миль, Надежда. – БИНЮЛОВ, Михаил, Военная машина Ми-24⁹⁷, ВЕРТОЛЕТ Информационный Технический Журнал (ISSN 1562-2673) 2004/4 стр. 12
- [58] УТИКЕЕВ, Ренат Над полем боя⁹⁸ (часть 1) ВЕРТОЛЕТ Информационный Технический Журнал (ISSN 1562-2673) 1999/3 стр. 12 – 14
- [59] УТИКЕЕВ, Ренат Над полем боя (часть 2) ВЕРТОЛЕТ Информационный Технический Журнал (ISSN 1562-2673) 1999/4 стр. 22 - 24
- [60] KENYERES Dénes Helikopterek a magyar haderőben „Fél évszázad forgószárnyakon a magyar katonai repülésben” Tudományos konferencián elhangzott előadás, Repüléstudományi közlemények Elektronikus különszám (CD-ROM), (ISSN 1417-0604), 2005. április 15. Szolnok
- [61] FAS (Federation of American Scientists⁹⁹) web oldala,(AH-64, e-dok.) url:
<http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/ah-64.htm>
- [62] FAS (Federation of American Scientists) web oldala,(AH-64, kép) url:
<http://www.fas.org/man/dod-101/sys/ac/ah-64DTILT.jpg>
- [63] JANE'S AH-64 (e-dok.) url:
http://www.janes.com/defence/air_forces/news/jawa/jawa001013_1_n.shtml
- [64] Dr. THOMAS M. E. Longbow, International Baltimore, Maryland (USA)
- [65] Arms World¹⁰⁰ (Mi-28, e-dok.) url:
<http://www.enemyforces.com/helicopters/mi28.htm>
- [66] Army Technology¹⁰¹ (Mi-28, e-dok.) url: <http://www.army-technology.com/projects/mi28/>
- [67] Rotorhead¹⁰² (Mi-28, e-dok.) url:
<http://www.rotorhead.org/military/mi28.asp>

⁹⁴ Modern katonai helikopterek (A szerző fordítása)

⁹⁵ Autogirók (A szerző fordítása)

⁹⁶ Helikopter, Technikai Információs Magazin (A szerző fordítása)

⁹⁷ Katonai gép Mi-24 (A szerző fordítása)

⁹⁸ A harcmező fölött (A szerző fordítása)

⁹⁹ Amerikai Tudósok Szövetsége (A szerző fordítása)

¹⁰⁰ Fegyverek világa (A szerző fordítása)

¹⁰¹ Katonai Technológia (A szerző fordítása)

¹⁰² Forgószárnyagy (A szerző fordítása)

- [68] Globalaircraft¹⁰³ (Mi-28, e-dok.) url:
http://www.globalaircraft.org/planes/mi-28_havoc.pl
- [69] Wikipedia The Free Encyclopedia (Image:Mil Mi-24A Hind.jpg e-kép.) url:
http://en.wikipedia.org/wiki/Image:Mil_Mi-24A_Hind.jpg
- [70] ZMNE BJKMK Repülő és Légvédelmi Intézet honlapja/Galéria/Helikopterek (Mi8_17_09 e-kép) url: <http://www.szrfk.hu/>
- [71] ZMNE BJKMK Repülő és Légvédelmi Intézet honlapja/Galéria/Helikopterek (Mi-24_39 e-kép) url: <http://www.szrfk.hu/>
- [72] Vectorsite.net (Mi-24, e-dok.) url:
http://www.vectorsite.net/avhind_2.html
- [73] All the World's Rotorcraft (Mi-24VM, e-dok.) url:
http://avia.russian.ee/helicopters_rus/mi-24vm-r.html
- [74] All the World's Rotorcraft (Mi-28, e-dok.) url:
http://avia.russian.ee/helicopters_rus/mi-28-r.html
- [75] ROSOBORONEXPORT¹⁰⁴ (Mi-28, e-dok.) url:
http://www.rusarm.ru/p_prod/airfor/mi28ne.htm#
- [76] Bearcraft-onLine aircraft museum (Mi-28, e-dok.) url:
<http://www.bearcraft-online.com/museum/museum.htm?mid=48>
- [77] Уголок неба виртуальная авиационная энциклопедия¹⁰⁵ (Mi-28 e-dok.) url: <http://www.airwar.ru/photo/mi28.html>
- [78] Уголок неба виртуальная авиационная энциклопедия (Mi-28 elektonikus dok.) url: <http://www.airwar.ru/enc/ah/mi28.html>
- [79] All the World's Rotorcraft (Mi helikopterekről, e-dok.) url:
<http://www.aviation.ru/Mi/>
- [80] Mil Mi-28 Havoc MILITARY.CZ (e-dok.) url:
http://www.military.cz/russia/air/helicopters/Mi_28/mi28_en.htm
- [81] All the World's Rotorcraft (Ka-50, e-dok.) url:
http://avia.russian.ee/helicopters_rus/ka-50-r.html
- [82] All the World's Rotorcraft (Ka-52, e-dok.) url:
http://avia.russian.ee/helicopters_rus/ka-52-r.html
- [83] KAMOV.RU (Helicopter Ka-52 e-dok.) url:
<http://www.kamov.ru/market/paghan/tka-52wr.html>
- [84] KAMOV.RU (Helicopter Ka-50 e-dok.) url:
<http://www.kamov.ru/market/paghan/tka-50wr.html>
- [85] Kamov/Israel Industries Ka-50-2 Attack Helicopter Completes Successful Flight Demonstrations In Turkey, Defense-Aerospace.com url:
http://www.defense-aerospace.com/cgi-bin/client/modele.pl?prod=886&session=dae.5338300.1097539612.QWsgHMOa9dUAAA4osB4&modele=jdc_1
- [86] Finisben a Török harci helikopter tender? JETfly Internetes Magazin,

¹⁰³ Globális repülőgépek (A szerző fordítása)

¹⁰⁴ Az orosz hadiipari szállító (A szerző fordítása)

¹⁰⁵ Az égbolt sarka, virtuális repülési enciklopédia (A szerző fordítása)

- http://www.jetfly.hu/rovatok/repules/torokheli_061213/
- [87] ATAKA ATGM <http://www.milparade.com/ra/sample2.htm>
- [88] TOW Missiles System (e-dok.) url:
http://www.army.mil/fact_files_site/tow/index.html
- [89] GlobalSecurity.org (LHX, RAH-66, e-dok.)
<http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/lhx.htm>
- [90] GlobalSecurity.org (LHX, RAH-66, e-dok.)
<http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/rah-66-pics.htm>
- [91] GlobalSecurity.org (RAH-66 Comanche capabilities, e-dok.)
<http://www.globalsecurity.org/military/systems/aircraft/rah-66-capabilities.htm>
- [92] Википедия (Wikipedia) (fenestron-nal kapcsolatos e-dok.)
<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BD>
- [93] All the World's Rotorcraft (RAH-66, e-dok.) url:
http://avia.russian.ee/helicopters_rus/boeing_comanche-r.html
- [94] Army-Technology.com RAH-66 Comanche reconnaissance/attack helicopter (e-dok.) url:<http://www.army-technology.com/projects/comanche/>
- [95] All the World's Rotorcraft (Eurocopter Tiger, e-dok.) url:
http://avia.russian.ee/helicopters_rus/eurocopter_tigre-r.html
- [96] Közös nyugatnémet-francia helikopter fejlesztés, Haditechnika 1986.03 (e-dok.) url: <http://www.haditechnika.hu/ARCHIVUM/198603/860308.htm>
- [97] CИFKA Miklós Tiger/Tigre harci helikopter Birds of Prey 2005 (e-dok.) url:
http://bop.agria.hu/index.php?option=com_content&task=view&id=39&Itemid=33
- [98] Eurocopter Tiger (e-dok.) url:
http://www.military.cz/international/air/eurocopter/eurocopter_en.htm
- [99] Tiger Attack Helicopter Army Technology (e-dok.) url: <http://www.army-technology.com/projects/tiger/>
- [100] Eurocopter (Tiger UHT e-dok.) url:
http://www.eurocopter.com/site/FO/scripts/siteFO_contenu.php?mode=&noeu_id=101&lang=EN
- [101] Eurocopter (Tiger HAP e-dok.) url:
http://www.eurocopter.com/site/FO/scripts/siteFO_contenu.php?mode=&lang=EN&noeu_id=95&page_id=49
- [102] Eurocopter Tiger MILITARY.CZ (e-dok.) url:
http://www.military.cz/international/air/eurocopter/eurocopter_en.htm
- [103] All the World's Rotorcraft (A129, e-dok.) url:
http://avia.russian.ee/helicopters_rus/agusta_mangusta-r.html
- [104] TAI Turkish Aerospace Industries¹⁰⁶, INC (T129 atak helicopter e-dok.) url:
http://www.tai.com.tr/en_menu2.aspx?node=15/264&menu_id=5&id=264

¹⁰⁶ Török Repülőgépgyártó vállalat (A szerző fordítása)

- &img=tai_ana_ust-program.swf
- [105] Army-Technology.com A129 International multi-role combat helicopter (e-dok.) url: <http://www.army-technology.com/projects/agusta/>
 - [106] All the World's Rotorcraft (CSH-2, e-dok.) url: http://avia.russian.ee/helicopters_rus/africa-r.html
 - [107] Aircraft (Encyclopedia – Denel AH-2 Rooivalk e-dok.) url: <http://www.aircraft.co.za/Encyclopedia/D/459.php>
 - [108] Denel Aviation¹⁰⁷ (Official Rooivalk site) (e-dok.) url: <http://www.denel.co.za/Aerospace/Rooivalk.asp>
 - [109] Denel Aviation (Official Rooivalk site) (e-dok.) url: <http://www.denel.co.za/Aerospace/Rooivalk.pdf>
 - [110] GlobalSecurity.org (CSH-2, e-dok) url: <http://www.globalsecurity.org/military/world/rsa/rooivalk.htm>
 - [111] AICRAFT Denel AH-2 Rooivalk (e-dok.) url: <http://www.aircraft.co.za/Encyclopedia/D/459.php>
 - [112] GlobalSecurity.org (Hydra-70 Rocket System, e-dok.) url: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/hydra-70.htm>
 - [113] Air-Launched 2.75-Inch Rockets (e-dok) url: <http://www.designation-systems.net/dusrm/app4/275in-rockets.html>
 - [114] WARFARE:RU (S-8 unguided aircraft rockets, e-dok.) url: <http://warfare.ru/?catid=346&linkid=2512>
 - [115] BTTB-Омск (S-8 unguided aircraft rockets, e-dok.) url: <http://www.rbs.ru/vttv/99/firms/ApplPhys/e-s8.htm>
 - [116] WARFARE.RU (S-8 unguided aircraft rockets, e-dok.) url: <http://warfare.ru/?catid=346&linkid=2512>
 - [117] Rafael – Lockheed Martin Python 4 Short Range Air-to-air missile (CD 2000)
 - [118] Optical Engineering¹⁰⁸ (IRCCM e-dok.) url: <http://spiedigitallibrary.aip.org/vsearch/servlet/VerityServlet?KEY=OPEGOP&smode=strresults&sort=rel&maxdisp=25&threshold=0&pjournals=OPEGOPEG&possible1=irccm&possible1zone=article&SMODE=strsearch&OUTL OU=NO&deliveryType=spiedl&viewabs=OPEGAR&key=DISPLAY&docID=2&page=0&chapter=0>
 - [119] International Herald Tribune Italy's Agusta Aerospace wins Turkis attack helicopter contract (e-dok.) url: <http://www.iht.com/articles/ap/2007/03/30/business/EU-GEN-Turkey-Attack-Helicopter.php>
 - [120] IAI/ELTA (e-dok.) url: <http://www.misile-iai.com/ELTA.aspx?FolderID=17887&lang=en>
 - [121] Dr. Sárközy Ferenc Távérzékelés I. (e-dok) url: http://www.agt.bme.hu/tutor_h/terinfor/t34a.htm
 - [122] A EU Tanács 394/2006/EK rendelete (2006. február 27.) a kettős felhasz-

¹⁰⁷ Denel Repülés (A szerző fordítása)

¹⁰⁸ Optikai Mérnökség (A szerző fordítása)

- nálású termékek és technológia kivitelére vonatkozó közösségi ellenőrzési rendszer kialakításáról szóló 1334/2000/EK tanácsi rendelet módosításáról és aktualizálásáról (EUR Lex 32006R0394 e-dok) url: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32006R0394:HU:NOT>
- [123] Helico Passion A129 Mangusta (e-dok.) url: <http://www.helicopassion.com/fr/03/a129-01.htm>
- [124] Augusta Wetland A129 (e-dok.) url: http://www.agustawetland.com/products01_02.asp?id_product=2&id=2
- [125] GlobalSecurity.org (Hydra-70 Rocket System, e-dok) url: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/hydra-70.htm>
- [126] GlobalSecurity.org (AGM-114 Hellfire e-dok.) url: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/agm-114.htm>
- [127] Lockheed Martin Missiles and Fire Control¹⁰⁹ (AGM-114 Hellfire e-dok) url: http://www.missilesandfirecontrol.com/our_products/antiarmor/HELLFIRE/product-HELLFIREII.html
- [128] JANE'S AGM-114 Hellfire (e-dok.) url: http://www.janes.com/defence/air_forces/news/jalw/jalw001013_1_n.shtsh
- [129] ЛИСОВЕЦ, А. В-ПОДТЕРГЕРА, В. Н Неуправляемые авиационные ракеты и взрыватели к ним¹¹⁰, Харьковское высшее военное авиационное инженерное Краснознаменное училище, Харьков 1987
- [130] Military Analysis Network¹¹¹, (AGM-114 Hellfire e-dok.) url: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/missile/agm-114.htm>
- [131] Jane's (AGM-114 Hellfire e-dok.) url: http://www.janes.com/defence/air_forces/news/jalw/jalw001013_1_n.shtml
- [132] Army-Technology.com (Trigat LR anti-armour missile, e-dok.) url: <http://www.army-technology.com/projects/lr%5Ftrigat/>
- [133] Army-Technology.com (HOT anti-tank weapon system e-dok.) url: <http://www.army-technology.com/projects/hot/>
- [134] Military Analysis Network, (M-220 Tube-launched, Optically-tracked, Wireguided missile (TOW) e-dok.) url: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/tow.htm>
- [135] PARSCHE, Andreas, - MARTYNOV Aleksey V. Designations of Soviet and Russian Military Aircraft and Missile¹¹² (e-dok.) url: http://www.designation-systems.net/non-us/soviet.html#_Listings_AT
- [136] Military Analysis Network, (AT-2 Swatter Anti-Tank Guided Missile¹¹³ e-dok.) url: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/row/at2swatter.htm>
- [137] Army-Technology.com (Sturm self propelled anti-tank guided

¹⁰⁹ Lockheed Martin Rakéta és Tűzvezetés (A szerző fordítása)

¹¹⁰ Nemirányítható repülőfedélzeti rakéták és azok gyújtói (A szerző fordítása)

¹¹¹ Katonai Hálózati Analízis (A szerző fordítása)

¹¹² A szovjet-országi katonai repülőgépek és rakéták jelölése, rendeltetése (A szerző fordítása)

¹¹³ irányítható páncéltörő rakéta (A szerző fordítása)

- missilesystem e-dok.) url: <http://www.army-technology.com/projects/shturm/>
- [138] Military Analysis Network, (AT-6 Spiral Anti-Tank Guided Missile elekt. dok.) url: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/land/row/at6spiral.htm>
- [139] GlobalSecurity.org (Ataka-V VIKhR 9M120 AT-16 e-dok.) url: <http://www.globalsecurity.org/military/world/russia/at-16.htm>
- [140] Wikipedia The Free Encyclopedia (AIM-92 Stinger e-dok.) url: http://en.wikipedia.org/wiki/AIM-92_Stinger
- [141] Army Technology (Mistral air defence missile system e-dok.) url: <http://www.army-technology.com/projects/mistral/>
- [142] Wikipedia The Free Encyclopedia (SA-18 Grouse e-dok.) url: http://en.wikipedia.org/wiki/9K38_Igla
- [143] Denel Dynamics (Mokopa e-dok.) url: http://www.deneldynamics.co.za/Resources/Broc0250_Mokopa.pdf
- [144] Denel HomePage/Products Anti-Armour Missiles url: <http://www.kentron.co.za/Home.asp?Page=antiarmer>
- [145] Denel Officials Mokopa (e-dok.) url: http://www.denel.co.za/Resources/AS_Mokopa.pdf
- [146] Wikipedia The Free Encyclopedia (Richard Jordan Gatling e-dok.) url: http://en.wikipedia.org/wiki/Richard_Jordan_Gatling
- [147] Sasovits Sándor Brinnell keménységmérési eljárás (e-dok.) url: <http://www.sasovits.hu/anyag/kemenyseg/brinell/brinell.htm>
- [148] FAS (Federation of American Scientists) web oldala,(AIM–132 ASRAAM e-dok.) url: <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/missile/aim-132.htm>
- [149] Eurofighter „Typhoon” website (BGT/SAAB/Alenia IRIS–T e-dok.) url: <http://www.eurofighter-typhoon.co.uk/common/AA/irist.html>
- [150] Deagel website (Mica IR e-dok) url: http://www.deagel.com/Air-to-Air-Missiles/Mica-IR_a001128002.aspx
- [151] A szerző saját munkája *Macromedia Fireworks* képszerkesztő alkalmazással
- [152] A szerző saját munkája *Microsoft Excel* alkalmazással
- [153] A szerző saját munkája *Microsoft Word* alkalmazással

A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

- [S.1.] BÉKÉSI, B. – SZILVÁSSY, L. Üzemeltethetőség ZMNE Repüléstudományi Közlemények időszakos kiadvány XIII. évfolyam 3., 2001/1, 115. oldal, „A XX. század haditechnikai forradalmának hatása a XXI. század katonai repülésére” című konferencián elhangzott előadás
- [S.2.] SZILVÁSSY, L. A korszerű üzemeltetési eljárások és azok mérhető paramétereit ZMNE Repüléstudományi Közlemények időszakos kiadvány XIII. évfolyam 32. szám, 2001/1, 81. oldal
- [S.3.] SZILVÁSSY, L. A repülőfedélzeti megsemmisítő eszközök harci alkalmazásának hatékonyságát értékelő számítások, ZMNE Repüléstudományi Közlemények időszakos kiadvány XII. évfolyam 30. szám, 143. oldal, 2000/2

- [S.4.] BÉKÉSI, B. – SZEGEDI, P. – SZILVÁSSY, L. Changed by the Aircraft of New Generation Possibilities in Airforces; UNCONF 2001, Third International Conference on Unconventional Flight, 12-14. September 2001. Budapest
- [S.5.] BÉKÉSI, B. – SZEGEDI, P. – SZILVÁSSY, L. Harcászati repülőeszközök modernizációjának kritériumai, BJKMFK konferencián elhangzott előadás Bolyai Szemle Fiatal Tudósok Konferenciája, Különszám, Budapest 2002. november
- [S.6.] SZEGEDI, P. – SZILVÁSSY, L. A repülőfedélzeti megsemmisítő eszközök hatékonyság vizsgálata, Bolyai Szemle Fiatal Tudósok Konferenciája, Különszám, 49. oldal
- [S.7.] BÉKÉSI, B. – SZEGEDI, P. – SZILVÁSSY, L. Új repülőgépek kiválasztásának néhány szempontja, Doktoranduszok I. Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Tudományos Konferenciáján elhangzott előadás, Elektronikus formátumban CD-n, 2002. november 8.
- [S.8.] SZILVÁSSY, L. MI-24VM, 100 Éves a géprepülés „A katonai rendszerek repülőgépei, a katonai repülőgépek rendszerei” konferencián elhangzott előadás, Elektronikus formátumban CD-n, 2003. április 4. és a Repüléstudományi Közlemények (www.szrfg.hu/rtk/) on-line kiadványban (ISSN 1789-770X)
- [S.9.] SZILVÁSSY, L. Mi-28 Havoc harci helikopter „Új évszázad új technológia – Gripenek a magyar Légierőben” tudományos konferencia, Elektronikus formátumban CD-n, 2006. április 21. és a Repüléstudományi Közlemények (www.szrfg.hu/rtk/) on-line kiadványban (ISSN 1789-770X)
- [S.10.] SZILVÁSSY, L. AH-64 Apache harci helikopter „Új évszázad új technológia – Gripenek a magyar Légierőben” tudományos konferencia, Elektronikus formátumban CD-n, 2006. április 21. és a Repüléstudományi Közlemények (www.szrfg.hu/rtk/) on-line kiadványban (ISSN 1789-770X)
- [S.11.] SZILVÁSSY, L. Katonai helikopterek alkalmazási lehetőségei, Szolnoki Tudományos Közlemények X., 2006, Cd kiadvány 2006. november 9.
- [S.12.] Dr. Szabó László – Szilvássy László A Mi-24VM harci helikopter, ZMNE Repüléstudományi Közlemények időszakos kiadványa XVIII. évfolyam 2006/1, 73-78 oldal
- [S.13.] SZILVÁSSY, L. Helikopterek összehasonlítása - Paraméterezett összehasonlító eljárás Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények 2007. XI. évfolyam 1. szám 44-53. oldal
- [S.14.] SZILVÁSSY, L. Harci helikopterek hatékonysági követelményeinek rangsorolása „Pilóta nélküli és szállító repülőgépek katonai alkalmazhatósága” tudományos konferencia, Elektronikus formátumban CD-n, 2007. április 20. és a Repüléstudományi Közlemények (www.szrfg.hu/rtk/) on-line kiadványban (ISSN 1789-770X)
- [S.15.] SZILVÁSSY, L. A harci helikopterek kiválasztása során alkalmazott paraméterezett összehasonlító eljárás „Pilóta nélküli és szállító repülőgépek katonai alkalmazhatósága” tudományos konferencia, Elektronikus formátumban CD-n, 2007. április 20. és a Repüléstudományi Közlemények (www.szrfg.hu/rtk/) on-line kiadványban (ISSN 1789-770X)

- [S.16.] SZILVÁSSY, L. Harci helikopterek fedélzeti fegyverei A Magyar Tudományos Akadémia Debreceni Területi Bizottsága (DAB) Műszaki Szakbizottsága által szervezett „Műszaki tudomány az Észak Alföldi Régióban 2007” konferencia előadásának az anyaga, 2007. október 11.
- [S.17.] SZILVÁSSY, L. A harci helikopterek fejlődése a hőkortól napjainkig, Szolnoki Tudományos Közlemények XI, 2007, Cd kiadvány 2007. november 7.
- [S.18.] SZILVÁSSY, L. A harci helikopterek tüzér fegyverei „Repüléstudományi Konferencia 2008 – 70 éves a légierő” Elektronikus formátumban CD-n, 2008. április 11. és a Repüléstudományi Közlemények (www.szrfk.hu/rtk/) on-line kiadványban (ISSN 1789-770X)

EGYÉB PUBLIKÁCIÓIM

- [E.1] SZILVÁSSY, L. MiG-29M, ZMNE Repüléstudományi Közlemények időszakos kiadvány X. évfolyam 25; 1998/2, 5. oldal
- [E.2] SZILVÁSSY, L. A repülőgép-fedélzeti rakéták hajtóműveiben alkalmazott hajtóanyagok, (Tanulmány) ZMNE Repüléstudományi Közlemények időszakos kiadvány X. évfolyam 25, 1998/2. 43. oldal
- [E.3] BÉKÉSI, B. – SZILVÁSSY, L. Rakéta hajtóművek, („Kihívások a repüléstudományban a 3. Évezred küszöbén” tudományos konferencián elhangzott előadás) ZMNE Repüléstudományi Közlemények időszakos kiadvány XI. évfolyam 26, 1999/1. 263. oldal
- [E.4] BÉKÉSI, B. – SZILVÁSSY, L. A katonai repülőgép fedélzeti rakéták hajtóművei, („The Challenge of Next Millenium on Hungarian Aeronautical Sciences” konferencián elhangzott előadás) „The Challenge of Next Millenium on Hungarian Aeronautical Sciences” című kiadvány 124. oldal
- [E.5] BÉKÉSI, B. – BÉKÉSI, L. – SZEGEDI, P. – SZILVÁSSY, L. History of NASA’s X-planes „Second International Conference on Unconventional Flight Analysis” Hungary, Balatonfüred konferencián elhangzott előadás (a kiadvány megjelenés alatt)
- [E.6] SZILVÁSSY, L. Helikopteres lézeres lőszimulátor, ZMNE Repüléstudományi Közlemények időszakos kiadvány XII. évfolyam 31, 121. oldal, 2000/3
- [E.7] BÉKÉSI, B. – SZILVÁSSY, L. Helikopter fedélzeti lőszimulátor BJKMFK konferencián elhangzott előadás Bolyai Szemle Fiatal Tudósok Konferenciája, Különszám, 7. oldal
- [E.8] BÉKÉSI, B. – SZILVÁSSY, L. Repülőfedélzeti rakéták hajtóművei, BJKMFK konferencián elhangzott előadás Bolyai Szemle Fiatal Tudósok Konferenciája, Különszám, megjelenés alatt, Budapest 2002. november
- [E.9] SZILVÁSSY, L. A XXI. század írástudása, Szolnoki Tudományos Közlemények 2005, Cd kiadvány 2005. november 10.
- [E.10] DR. SZABÓ LÁSZLÓ – SZILVÁSSY LÁSZLÓ: Rakéták reaktív hajtóművei, ZMNE Repüléstudományi Közlemények időszakos kiadvány XVIII. évfolyam 2006/1, 209-216 oldal

MELLÉKLET

1. sz. melléklet Harci helikopterek jellemzői

Jellemzők/Típus	Mi-24D	Mi-24V,P	Mi-24VP/VM	Mi-28	Ka-50	A129 (T129)	AH-2	Eurocopter Tiger	AH-64	RAH-66
Szériagyártás kezdete	1965	1976,1981	1989,1996	1993	1993	1988	1991	1998	1981	2001
Maximális túlterhelés $n_{y \max}$	1,7-0,5	1,7-0,5	~1,7-0,5	3-(-0,5)	3-1	3,5-(-1)	2,6-(-0,5)	3,5-(-0,5)	3,5-(-1)	3,5-1
Maximális repülési sebesség [km/h]	320	320		300	350	275	309	295	297	350
Utazó sebesség [km/h]	217-270	217-270	260	265	270	250	278	280		315
Maximális emelkedő képesség h=0-ról [m/s]	9,6	9,6	12,4	10	10	10	11,2	10,7	12,7	10
Csúcsmagasság párnahatás nélkül [m]	1500	1500	3100	3640	4000	3015	5545	2500	3505	
Hajtóművek száma	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Hajtómű teljesítmény (egyenként) [kW]	1650	1650	1650	1650	1650	1003	1492	958	1272	1073
Futómű	behúzható	behúzható	fix	fix	behúzható	fix	fix	fix	fix	
Ütközéskor megengedett max. függőleges sebesség [m/s]				12		12		6	12,8	
Komplex páncélvédelem	(+)	(+)	(+)	+	+	+	+	+	+	+
Lopakodó jellemzők	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
Személyzet	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Üres tömeg [kg]	8200	8200	8090	7400	7692	3000	5910	3300	4881	3400
Max. felszálló tömeg m_{fe} [kg]	11500	11500	11500	10400	10800	5100	8750	6000	9525	7620
Max fegyverterhelés m_{fv} [kg]	2700	2700	2000	2300	2400	1320	1200	1800	1500	1800
Harci. hatósugár R_H [km]	290	290	290	260	250	280	280	300	360	400
Ár/db [millió USD]						52*		44-48	56 (2003)**	
	* a török helikopter tender alapján számítva, az 52 db helikopter 2,7 milliárd USD áron kerül leszállításra. Ebben valószínű, hogy benne van az infrastruktúra és a kiképzés ára is.									
	** 2003-ban Görögország vásárolt 12 db AH-64-es helikoptert összesen 675 millió USD-ért.									

2. sz. melléklet Harci helikopterek beépített tűzfegyverei

Jellemzők/Típus	Mi-24D/V	Mi-24P	Mi-24VP/VM	Mi-28	Ka-50	Eurocopter HAP**	AH-64(D)	RAH-66	A129** International, CBT, (T129)	AH-2
Huzagolt fegyver	igen	igen	igen	igen	igen	igen	igen	igen	igen	igen
Űrmérete [mm]	12,7	30	30	30	30	30	30	20	20	20
Csővek száma [db]	4	2	2	1	1	1	1	3	3	1
Típusa	JakB-12,7	GS-2-30	GS-23	2A42	2A42	GIAT 30 M781	MDHC M230 Chain Gun	XM301	Oto Melara 197B*	F2
Típusa működési elv szerint	Gatling	Összekapcsolt iker-csővű	Összekapcsolt iker-csővű	rövid cső-hátrasiklásos	rövid cső-hátrasiklásos	egycsővű, öt töltényűrű colt elrendezésű	külsőmeghajtású reteszelő mechanizmussal	Gatling	Gatling	rövid csőhátrasiklásos
Elméleti tűzgyorsaság [lövés/min]	4000	2600	3000	300-900	200-300-500	750	625	750/1500	400-3000	740
Beépítés módja	lőtorony	fix, jobb oldalon	lőtorony	lőtorony	jobb oldalon, korlátozottan mozgatható	lőtorony	lőtorony	lőtorony	lőtorony	lőtorony
Mozgathatóság vízszintesen [fok]	±60°	fix	±60°	±110°	±7,5°	igen	±100°	igen	igen	igen
Mozgathatóság függőlegesen [fok]	+20°-(-60°)	fix	+20°-(-60°)	+13°-(-40°)	±15°	igen	+11°-(-60°)	igen	igen	igen
A lövedék kezdősebessége [m/s]	960	940	815	980	980	1025	792		1036	1100
Maximális lőtávolsága [m]	~1800	~3000	~2400	4000	4000	~3500	~3400	~2500	~2500	4000
Hatásos lőtávolság [m]	~1600	~2500	~2000	3000	3000	~3100	~3000	~2200	~2200	2000
Lőszerjavadalmazás [db]	1400	250		250	500	150-450	max 1200	320 v. 500	500	400-700
	* A GE M197 géppágyú olasz gyártású változata									
	** AZ Eurocopter PAH-2 és HAC változatain, valamint az A129 alapváltozatán nincsen beépített géppuska vagy géppágyú									

3. sz. melléklet A helikopter fedélzeti irányítható páncéltörő rakéták adatai

Jellemzők/Típus	Trigat	HOT3	AGM-114K Hellfire II	TOW BGM-71E	AT-2 Swatter-C/ 9M17MP Falanga	AT-6 Spiral/ 9M114 Sturm	AT-9 Spiral-2/ 9M120 Ataka-V	AT-16/ 9M120M Vihr	Mokopa SAL
	Trigat	HOT3	AGM-114	TOW	AT-2	AT-6	AT-9	AT-16	Mokopa
Űrméret [mm/hüvelyk]	150	150	178/7	149,1/5,87	148	130	130	130	178
Tömeg [kg]	49	24	45	22,6	29	31,4	48,5	45	49,8
Hossz [mm]	1500	1270	1630	1400	1160	1625	1830		1995
Min. indítási távolság [m]	500	75	500		500	400	400	400	
Max. indítási távolság [m]	8000	4000	9000	3750	4000	5000	6000	10000	10000
Repülési sebesség [km/h]	2000	900	1530		540	1600	2000	2200	
Páncéltűrő képesség [mm]	900	700	1000	800	600	700	800	1000	1350
Harcirész típusa	HEAT TCh	HEAT TCh	HEAT TCh	HEAT TCh	HEAT	HEAT	HEAT TCh	HEAT TCh	HEAT TCh
Harcirész tömege [kg]	9	5-6	9	~4-5	5,4	5,3	5-8	~6-8	~7-10
Irányítás	PIR	OWG	SALH v. SARH	WG SACLOS	RCL SACLOS	RCL SACLOS	RCL SACLOS	SALH	SALH v. SARH
Megsemmisítési valószínűség	~0,9	~0,85	0,96	~0,85	0,67-0,9	0,7-0,9	0,7-0,9	0,8-0,9	~0,9
Ár/db [USD]			85 000			50 000 (1992)			

HEAT - High explosive anti-tank - nagy hatóerejű kumulatív, HEAT TCh -Tandem Charge - tandem kumulatív

PIR - Passive InfraRed - passzív infravörös

OWG - Optical Wire Guided - optikai irányítású vezetékes távirányítású

SALH - Semi-Active Laser Homing - félaktív lézer önirányítású

SARH - Semi-Active Radar Homing - félaktív rádió önirányítású

WG SACLOS - Wire-Guided Semi-Automatic Command to Line of Sight - vezetékes fél-aktív parancsirányítású

RCL SACLOS - Radio Command Link Semi-Automatic Command to Line of Sight - fél-aktív rádió-parancsirányítású

4. sz. melléklet A harci helikopterek főbb harcászati-technikai jellemzői és a Φ_0 Φ_1 Φ_2 Φ_3 és $\Phi_{\text{át}}$ harci hatékonysági együttható értékei

Jellemzők/Típus	Mi-24D	Mi-24V,P	Mi-24VP/VM (AT-6)	Mi-24VP/VM (AT-9)	Mi-28 (AT-6)	Mi-28 (AT-9)	Ka-50 (AT-9)	Ka-50 (AT-16)	A129 (TOW)	A129 (AGM-114)	T129 (AGM-114)	AH-2	Eurocopter Tiger (HOT3)	Eurocopter Tiger (Trigat)	Eurocopter Tiger (AGM-114)	AH-64	RAH-66
Üres tömeg [kg]	8 200	8 200	8 090	8 090	7 400	7 400	7 692	7 692	3 000	3 000	3 000	5 910	3 300	3 300	3 300	4 881	3 400
Max. felszálló tömeg m_{fe} [kg]	11 500	11 500	11 500	11 500	10 400	10 400	10 800	10 800	5 100	5 100	5 100	8 750	6 000	6 000	6 000	9 525	7 620
Max fegyverterhelés m_{fv} [kg]	2 7010 2 0	2 700	2 000	2 000	2 300	2 300	2 400	2 400	1 320	1 320	1 320	1 200	1 800	1 800	1 800	1 500	1 800
Páncéltörő irányítható rakéta típusa	AT-2	AT-6	AT-6	AT-9	AT-6	AT-9	AT-9	AT-16	TOW	AGM-114	AGM-114	Mokopa	HOT3	Trigat	AGM-114	AGM-114	AGM-114
Páncéltörő irányítható rakéta tömege [kg]	29	31,4	31,4	48,5	31,4	48,5	48,5	45	22,6	45	45	49,8	24	49	45	45	45
Max. függeszthető [db]	4	8	16	16	16	16	12	12	8	8	12	16	8	8	8	16	14
Fegyverterhelés páncélvadász változatban m_{pci} [kg]	116	251,2	502,4	776	502,4	776	582	540	181	360	540	796,8	192	392	360	720	630
Fajlagos fegyverterhelés ξ_0 [-]	0,235	0,235	0,174	0,174	0,174	0,174	0,222	0,222	0,259	0,259	0,259	0,137	0,300	0,300	0,300	0,157	0,236
Fajlagos fegyverterhelés ξ_p [-]	0,010	0,022	0,044	0,067	0,048	0,075	0,054	0,050	0,035	0,071	0,106	0,091	0,032	0,065	0,060	0,076	0,083
Hatósugár R_H [km]	290	290	290	290	260	260	250	250	280	280	280	280	300	300	300	360	400
IR max indítási táv R_{ind} [m]	4 000	5 000	5 000	6 000	5 000	6 000	6 000	10 000	3 750	9 000	9 000	10 000	4 000	8 000	9 000	9 000	9 000
L (RHA esetében) [mm]	600	700	700	800	700	800	800	1 000	800	1 000	1 000	1 350	700	900	1 000	1 000	1 000
Rakéta találati valószínűsége P	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,85	0,96	0,96	0,90	0,85	0,90	0,96	0,96	0,96
Harci hatékonyság Φ_0 [-]	0,721	0,721	0,534	0,534	0,609	0,609	0,588	0,588	0,767	0,767	0,767	0,406	0,953	0,953	0,953	0,600	1,000
Harci hatékonyság Φ_1 [-]	0,088	0,192	0,383	0,592	0,380	0,587	0,407	0,378	0,300	0,598	0,896	0,771	0,290	0,593	0,544	0,823	1,000
Harci hatékonyság Φ_2 [-]	0,020	0,064	0,129	0,273	0,128	0,271	0,188	0,363	0,087	0,517	0,775	1,000	0,078	0,410	0,471	0,712	0,865
Harci hatékonyság Φ_3 [-]	0,020	0,063	0,126	0,267	0,125	0,265	0,184	0,355	0,080	0,539	0,809	1,000	0,072	0,401	0,491	0,742	0,902
Harci hatékonyság $\Phi_{\text{át}}$ [-]	0,043	0,106	0,213	0,377	0,211	0,374	0,260	0,365	0,156	0,551	0,827	0,924	0,147	0,468	0,502	0,759	0,922