

HARCI HELIKOPTEREK INFRAVÖRÖS SUGÁRZÁSÁNAK CSÖKKENTÉSE

Oravecz József - Kováts László Dezső - Rohács József 1

Bevezetés

A modern harci helikoptereket egy kicsit alaposabban tanulmányozó szakemberek számára feltűnhet, hogy a helikopterek oldalára, szárny-csonkokra, szárnyakra, vagy egyszerűen csak különféle tartókra szerelt fegyverzet és az azt kiszolgáló célzókészülékek, rávezető eszközök és egyéb függesztmények mennyisége állandóan nő. A helikopterek lát- szólag egyre csúnyábbak. Miközben a hagyományos szerkezeti elemek méretei csökkennek, ezzel ellentétesen - miközben a hajtóművek mérete és súlya maga is csökken - a hajtómű gondolák viszonylag nagy mére- tűek. Az ok a hajtóművektől származó infravörös sugárzás csökkentésére irányuló törekvésben rejlik.

Az infravörös sugárzás mindennapjaink része. Sokkal jobban ismer- jük tulajdonságait mint azt gondoljuk, de a haditechnikai alkalmazás megértéshez - a területtel nem rendszeresen foglalkozók számára - szük- séges néhány fontos alapismeret felelevenítése. A harci helikopterek infra- vörös sugárzását csökkentő szerkezet gyakorlati alkalmazásakor egy sor elemző és az alkalmazott szerkezet hatását minősítő mérést végeztünk. *A gyakorlati alkalmazás és mérési eredmények alapján remélhetőleg si- kerül ráirányítani a figyelmet az infravörös sugárzás haditechnikai al- kalmazásának okaira, rábírní néhány szakembert a téma felkarolására és felhívni az alkalmazók figyelmét az adott kérdésekben való jártasság szük- ségességére.*

A mérési módszert és az egyedi adatok értékelését a Budapesti Mú- szaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BMGE) munkatársai dolgozták ki. Az eljárás a helikopterekre a BMGE és a Dunai Repülőgépgyár Rt közös fejlesztése. A szerzők a mérési eredményeknek a DR Rt megbízá-

1. Oravecz József, Dunai Repülőgépgyár Rt.tanácsadója

Dr. Kováts László Dezső, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, tanszéki mérnök

Dr. Rohács József, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, tanszékvezető egyetemi tanár

sából való feldolgozása és a lehetséges következtetések levonása közben felismerték, hogy azok zártabb körű megismertetése hasznos lehet a Mi-24 típusú helikopter harcértékének növelésével foglalkozó moder-nizálási gondolat kísérletek során.

Az eredmények a DR-Rt és kis részben az MH Vezérkara tulajdonát képezik, így a megadott görbék ugyan jellegre pontosak, de azok nem MI-24 típusra vannak megszerkesztve és a konkrét értékek nem felelnek meg a valóságnak. (Megjegyezzük, hogy pl. légi parádékon repülő és a megfigyelőhöz képest különböző magasságokon és különböző szöghelyzetben függő helikoptereken és repülőgépeken megfelelő felszereléssel a szükséges adatgyűjtés elég egyszerűen elvégezhető.)

Elektromágneses sugárzás

Az infravörös sugárzás az elektromágneses sugárzás egyik fajtája. Az elektromágneses sugárzás hullámhossza 1000 km és tízmilliárdod mikron között lehet. *Az erre vonatkozó részletesebb adatok az alábbiak:*

- kozmikus sugarak
- gamma sugarak $10^{-6}, 10^{-10}$ m
- röntgen sugarak $10^{-1}, 10^{-6}$ m
- ibolyán túli sugarak 0,1,0,4 m
- látható fény tartomány 0,4,0,75 m
- közeli infravörös sugarak 0,75,1,5 m
- közepes infravörös sugarak 1,5,5,0 m
- távoli infravörös sugarak I 5,0,420 m
- távoli infravörös sugarak II.. 420,1000 m
- lokátortechnikai tartomány
- rádiótechnika tartomány.

A látható fény színek szerinti tartományai az alábbiak: 0,38-0,45 ibolya, 0,45-0,48 kék, 0,48-0,51 zöldeskék, 0,51-0,55 zöld, 0,55-0,575 sárgászöld, 0,575-0,585 sárga, 0,585-0,62 narancssárga, 0,62-0,78 vörös.

Az infravörös elnevezés tehát viszonyítás a látható fény vörös tartományához képest. A harci helikopterek szempontjából a 0,75 és 15m közötti infravörös terület vizsgálata az érdekes.

Minden hullámhossz tartománynak eltérő tulajdonságai vannak és eltérő módon érzékelhetők, többé-kevésbé képalkotásra alkalmasak. A látható fény mellett képalkotásra az infravörös tartomány a legjobb, ráadásul ez a tartomány igen különleges tulajdonsággal rendelkezik, mert az INFRAVÖRÖS SUGÁRZÁS EGYBEN AZ ENERGIA SZINT, AZ ENERGIA FELSZABADULÁS (változás) JELZŐJE.

A valahol felszabaduló hőmennyiség átalakulhat fizikai munkává, terjedhet hővezetéssel, hőátadással és sugárzással. Ez utóbbi az infravörös elektromágneses sugárzás.

Infravörös sugárzás

Saját sugárzás

Az abszolút nulla fokot meghaladó hőmérsékletű testek elektromágneses sugárzást bocsátanak ki, egyben elektromágneses sugárzásnak vannak kitéve. Hőmérsékletüket e két tényező együttes hatása állítja be. Az elektromágneses sugárzás részletes magyarázatához az alábbi címszavakat és fogalmakat lehet használni: atomszerkezet, proton, neutron, elektron, az elektronok meghatározott pályán "*érzik jól*" magukat, molekulák és atomok mozgása, energia közlés, gerjesztett állapot, elektron visszaugrás, elektromágneses sugárzás.

A műszaki életben közismert az alábbi összefüggés:

Egységnyi felületről az időegység alatt kisugárzott energia = $c \cdot T^4$

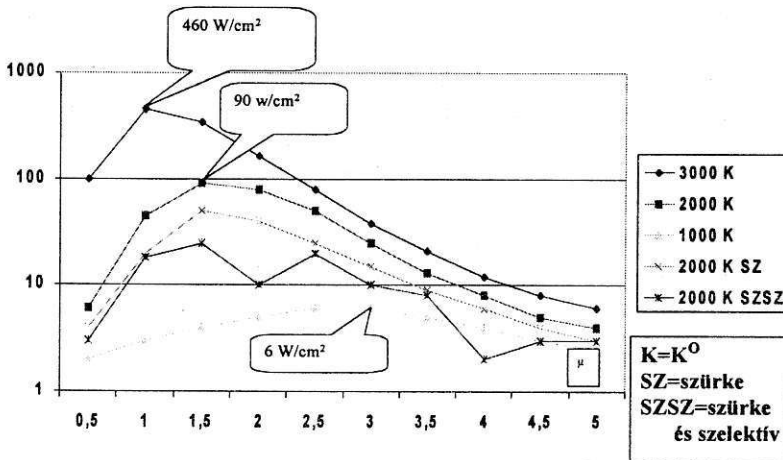
A sugárzás széles spektrumban valósul meg. A kisugárzott teljesítmény alapvetően a felületi hőmérséklettől függ (*1. ábra*). A legnagyobb intenzitáshoz tartozó hullámhossz

$$\lambda_{\text{max}} \approx \frac{3000}{T}.$$

Azonos hőmérsékletű, de különböző anyagú és eltérő felületi minőségű anyagok eltérő hullámhosszon és más intenzitással sugároznak.

Az egységnyi felületen kisugárzott energia a hullámhossz és a felületi hőmérséklet függvényében

1. sz. ábra



A legtöbb energiát a fekete test nyel el és sugároz ki. Ehhez képest az összes többi test szürkének számít, ráadásul többségük szelektíven sugároz. A fekete testhez képesti csökkent értékű sugárzó képesség a relatív sugárzó képesség. A szelektivitás jellemző az anyagra. A víz például 1,8-1,95, 2,6-2,85 és 5,3-7,5 μ, a széndioxid 1,5-2,8 és 4,1-4,6 μ tartományokban (2,7 és 4,3 csúccsal) majdnem túimpulzus szerűen sugároz. A szén ~8μ hullámhossznál sugároz a legintenzívebben.

Beeső sugárzás

A sugárzás vagy áthalad, vagy elnyelődik, vagy visszaverődik.

Fehér felületről minden visszaverődik, fekete felületről semmi sem verődik vissza. A legtöbb test ilyen szempontból szürke, illetve szelektíven szürke. A legtöbb visszaverődés szórt reflexió. A gyakorlatban előál-lítható fehér testhez képesti valós visszaverődés neve remisszió (relatív reflexió).

Az elnyelt sugárzás fűti a testet. A legfontosabb külső sugárzó a Nap, de infravörös fényszóróval minden tárgy megvilágítható. A visszavert sugárzás is alkalmas képalkotásra.

Aktív besugárzásra a $0,75-1,5\mu$ közötti hullámhossz a legjobb / kis hullámhossz, nagy energia és magas hőmérséklet /.

Alkalmazás, lehetőségek és korlátozások

Infravörös tartományban a látható fény tartománnyal közel megegyező minőségű fényképfelvétel készíthető. Infraképe van a természetben minden tárgynak, sőt a korábban történt események hőtani következményeinek is. Az infrakép érzékenysége $0,1\text{ C}^\circ$ alatti, de akár $0,01\text{ C}^\circ$ is lehet.

Ami látható optikai eszközzel nappal, az látható infravörös optikai eszközzel és akár éjjel is.

Az infravörös sugárzás csillapodása a levegőben kisebb mint a látható fény tartományban. E miatt infravörös eszközzel kétszer-háromszor nagyobb távolságra is el lehet látni, bár egyes tartományokban a levegő elnyeli a sugárzást ($1,8-2,0$, $2,8-3,2$, $4,2-6\mu$ között.)

Az alapprobléma

Az infravörös sugárzás elleni "*álcázás*" nehezebb, mert *A MŰKÖDŐ HADITECHNIKAI ESZKÖZÖKBEN FELSZABADULÓ HÖMENNYISÉG* láthatatlanul nem szórható szét. (A forró kémcső ugyanúgy néz ki mint a hideg.)

A hőforrás miatt még látható fényben is az infravörös technológia alkalmazása nyújt jobb eredményt.

Egyes irodalmi adatok alapján vadászgépnél a fűvócső $3,2-4,8\mu$ közötti tartományban a fűvócsőtől számított $2-3$ m-es távolságon az infravörös sugárzás $70-90\%$ -át kisugározza.

Nehéz harckocsi infravörös sugárzássá alakuló veszteségi teljesítménye ~ 2000 kW, teherautó esetén ~ 300 kW, illetve minden motoros jár-

műnél a hasznos teljesítmény fölött betüzelt üzemanyag hőtechnikai egyenértéke.

Az energiát megsemmisíteni vagy eltiüntetni nem lehet.

Ha pl egy 0,8 relatív sugárzóképeségű kipufogó cső sugárzóképeségét a felületminőség javításával 0,2-re lecsökkentjük, ***akkor az alábbi adatsor alakul ki:***

400 Co	0,8 SZ	4,2 μ	1 W/cm ²
650 Co	0,2 SZ	3,2 μ	1 W/cm ²

Vagyis ugyanaz a sugárzási teljesítmény egy magasabb hőmérséklet mellett kisebb hullámhossznál alakul ki.

Egy harci helikopternél a gázturbinák hatásfokának figyelembevételével mintegy 10000 KW fűtő teljesítményből keletkezhet infravörös sugárzás, a bevitt energia kb. 60 %-a a fűvócsöveken keresztül mintegy 700 K^o hőmérsékleten távozik a kiáramló gázzal. Ennek egy része infravörös sugárzás a tüztérből, az olajtartálytól, az olajradiátoroktól, a hidraulika blokkoktól és a különböző reduktoroktól. Másik része pedig nem más, mint a távozó meleg gázáram által felmelegített szerkezeti elemek okozta sugárzás. Különösen fontos az a tény, hogy a hajtómű fűvócsövekre kívülről rálátni. Ezeket a kiáramló gáz fűti fel, annak hőmérséklete a fentiek szerint meghatározott szinten beáll és az a helikopter minden szerkezeti eleméhez viszonyítva is ***NAGYEREJŰ REFLEKTORKÉNT*** szórja szét az infravörös sugárzást a tér minden irányába. Ehhez a sugárzáshoz képest a gázáramban lévő széndioxid, víz, oxigén, nitrogén infravörös sugárzása lényegesen kisebb.

A tér egy adott helyén állva a háttér minden pontjáról különböző hullámhosszakon és különböző intenzitással érkezik infravörös információ. Ez képalkotásra alkalmas, egyben az adott kép digitalizálható és matematikai módszerrel feldolgozható. Többek között a háttérrel együtt, vagy attól leválasztva is az infravörös sugárzás intenzitása integrálható. Az intenzitás mérőszáma pl. az egységnyi felületről kisugárzott energia lehet W/ cm² ben kifejezve.

Az infravörös felvétel fénykép formájában maga is elemezhető és következtetések levonására alkalmas.

Az infravörös sugárzás csökkentése

A harci helikoptereken az infravörös sugárzásnak a környezeti sugárzáshoz viszonyított értéke a következő megoldásokkal csökkenthető:

1.) A fűvócsöveket körkörös le kell árnyékolni. (Napernyő hatás, hegesztő szemüveg analógia).

2.) Az árnyékoló szerkezeti elem belső falát infravörös sugárzást át nem eresztő réteggel kell bevonni.

3.) A kiáramló gázokhoz még a kilépés előtt jelentős mennyiségű hideg levegőt kell keverni, hogy az minél kevésbé tudja a szerkezeti elemeket felmelegíteni.

4.) A kiáramló hűtött gáz irányát úgy kell megváltoztatni, hogy az minél korábban a forgószárny által megmozgatott nagy áramlásba elkeveredjen.

5.) A fűvócső szívóhatását fel kell használni arra, hogy a hajtómű és a hajtómű borítás közötti térből, illetve a főreduktor térből a meleg levegőt kiszívja, akadályozva ezzel a borítások átmelegedését.

A cél az hogy ezekkel a módszerekkel az infravörös sugárzás általános szintjét az éppen létező hőfejes rakéták érzékenységi küszöbszintje alá lehessen vinni. Egyben a felderíthetőséget a háttérsugárzáshoz viszonyított kontraszt elmosásával a minimumra lehessen csökkenteni

A ma korszerűnek számító harci helikopterek mindegyike kielégíti ezeket a követelményeket. Ezek a segédeszközök a sárkányszerkezet részének tekinthetők. MIL típusú helikopterekhez az infravörös sugárzás-csökkentő berendezések pótlólag kerültek kifejlesztésre, de még abban az időben amikor az még egyáltalán nem volt általános tartozék. A francia COUGAR pl ez a berendezés a korábban gyártott helikopterekhez csak az elmúlt években került rendszeresítésre.

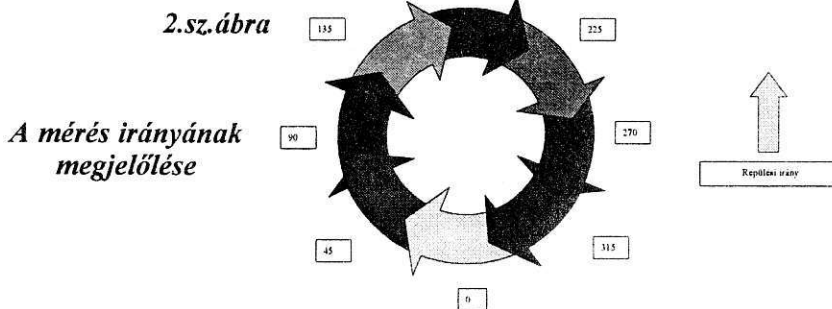
A megvizsgált árnyékoló berendezések jellemzői

A vizsgált infravörös sugárzást csökkentő szerkezetek ismert rövid megnevezése EVU vagy SEU. Közülük három, a geometriai jellemzőkben némileg eltérő, az eltérést betűvel jelölő szerkezetet vizsgáltunk.

Ssz	Jellemző adat	EVU	EVU-m	EVU-x
1	A berendezés leárnýékolja a fúvócsövet	+	+	+
2	A berendezés nagy mennyiségű friss levegőt kever be a gázáramba	+	+	+
3	A berendezés megváltoztatja a gázáram irányát a forgószárny felé	+	+	-
4	A berendezés megváltoztatja a gázáram irányát a forgószárnyal ellentétes irányba	-	-	+
5	A berendezés kiszívja a meleg levegőt a hajtóművek és a főreduktor tereiből	+	+	+
6	A berendezéssel felszerelt helikopter a fölötte lévő térből látszik	+	+	-
7	A berendezéssel felszerelt helikopter az alatta lévő térből látszik	-	-	+
8	Fékezéskor a fúvócsövek hátulról bevillannak	+	-	-
9	Gyorsításkor a fúvócsövek előlről bevillannak	-	+	+
10	Gyorsításkor a fúvócsövek hátulról bevillannak	-	-	+

A mérések

A mérési adatok azt mutatják, hogy az infravörös sugárzás intenzitása a helikoptertől való távolságtól, a helikopterre való rálátási szögtől, az adott helyen lévő helikopter irányszögétől és egyéb térbeli paraméterétől függ. Az értékeléshez meg kell ismerkedni az alkalmazott mérési irányokkal. (2. ábra). Ebben a rendszerben a faroktartó felöli felvétel van 0° irányszögön. Felülnézetben az óramutató járásával együtt haladva 90° a helikopter baloldala stb.



A mérőhely és a mérés menete

A mérőhely minimális távolsága - a forgószárny szél hatása miatt - 100 m- nél nem lehetett kisebb.

Az alkalmazott látószög lehetővé tette, hogy 100 m távolságban a helikopter sziluett optimálisan töltsse ki a képet.

Az alkalmazott érzékenység alapján a helikopter szöghelyzete felismerhető, az infravörös fényforrás pedig eléggé domináns. Ezzel az érzékenységgel 2500 m oldaltávolságból még határozottan láttuk a helikoptert, illetve követhetők voltak a mérési ponthoz képest kb 15 km távolságra leszálláshoz készülődő, mintegy 1000 m-en repülő utasszállító gépek.

A mérés során a helikopter a mérőhely előtt - a mérőhellyel szemben - függött, majd 45°-os elfordulás után 10-10 mp-t kivárt. Az infravörös kamera folyamatosan működött, a 10 mp-s stabil időszakban pedig azonosító fényképfelvételek készültek.

A kördiagramokhoz szükséges mérési pontokon túl egy meghatározott repülési program alapján rögzítve lett és elemzésre is került:

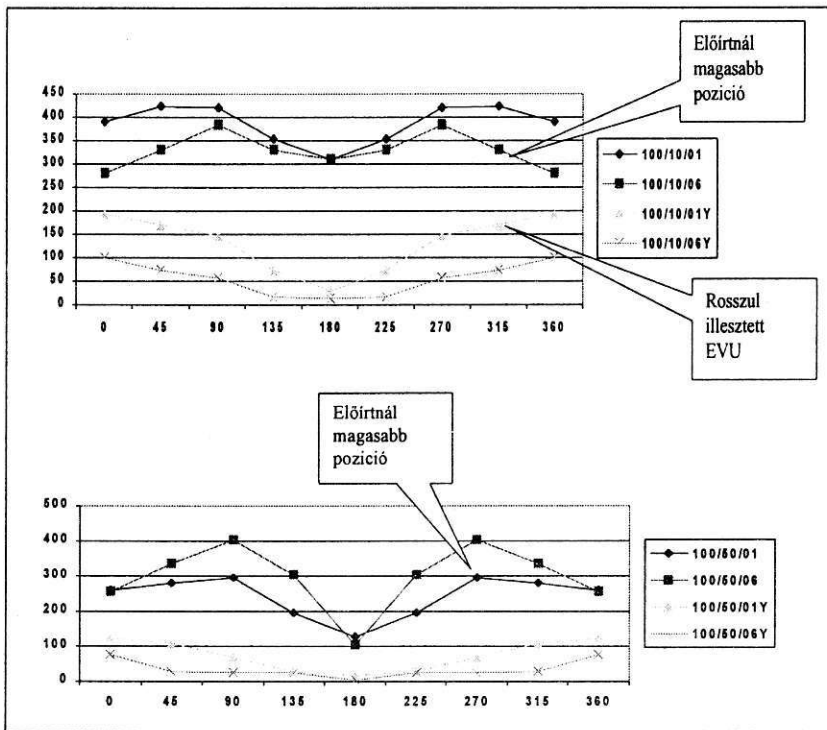
- a hajtóműindítások folyamata,
- a szemből való rárepülés különböző magasságokon,
- az adott ponttól való távolodás különböző magasságokon,
- az adott pont melletti rárepülés különböző oldaltávolsággal azonos magasságon,
- a mérési pont fölé való csúszás 100 m-en,
- gurulás.

A megrajzolt kördiagramok a viszonylag pontatlan távolságtartás, illetve a viszonylag pontatlan magasság és irányszög tartás, valamint a felesleges bólintó mozgások megléte miatt egyes mérési sorozatoknál asszimmetrikusak. A mért berendezések infravörös sugárzáscsökkentő hatása azonban már 100 m távolságban is eléri az egy nagyságrendet, ezért az ismételt mérések átlaga kielégítő műszaki mérési eredményeket adott.

Tudományos igényű mérések esetén nemcsak a mérőberendezésnek kell hitelesnek lenni, hanem a repülési távolság és magasság, a konkrét szöghelyzet, az azonos bólintási szög és természetesen az azonos hajtómű teljesítmény is a mérést végző csoport ellenőrzése alatt legyen. Ezek a lehetőségek nem túl komplikált módon biztosíthatók is.

Mérési adatok

A nyers diagramok áttekintése után a valós mérési eredmények adatainak korrigálásával (melyre a pontatlan irányszög, távolság, magasság, döntési és bólintási szög okozta hatások miatt volt szükség) az alábbi ideális diagramok hozhatók létre.

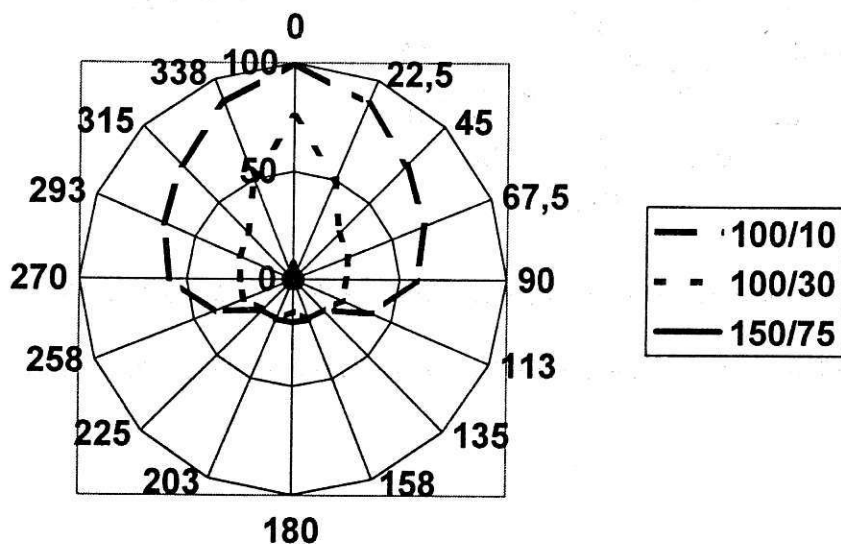
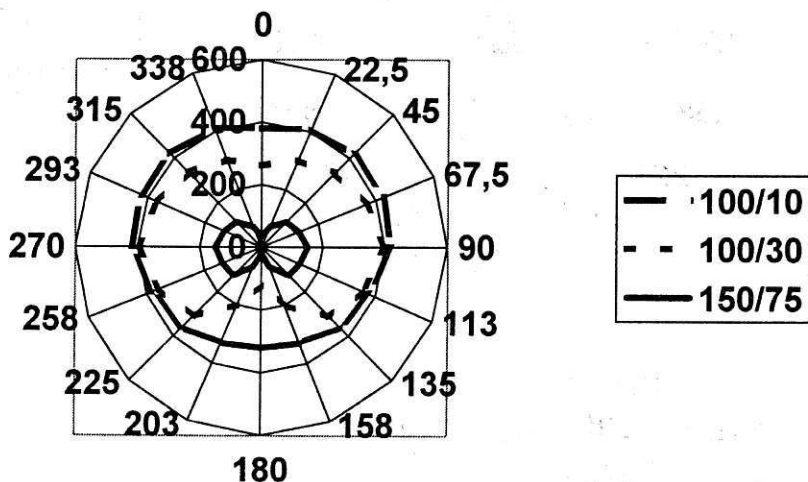


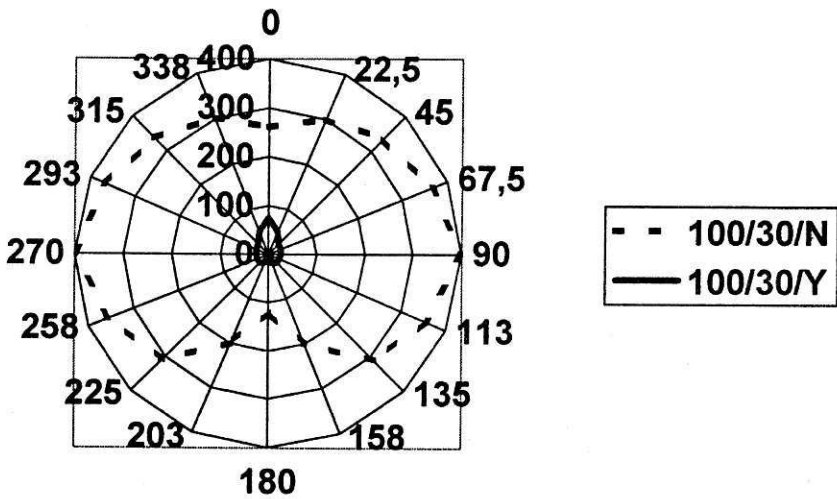
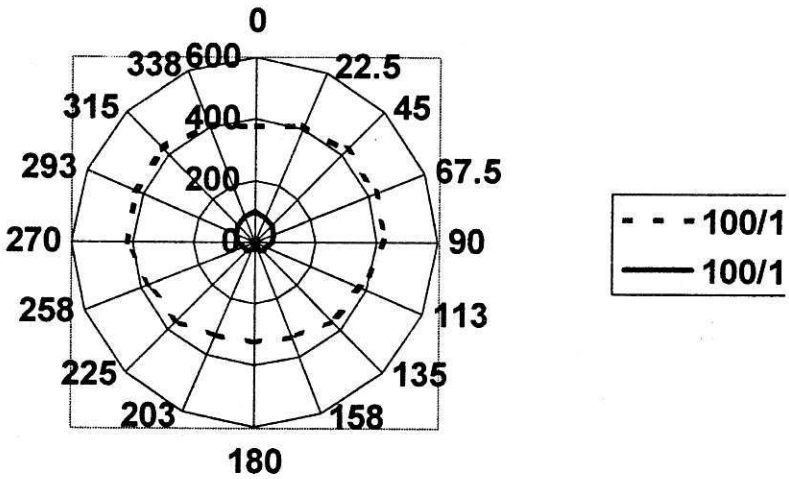
Az egységnyi felületen kisugárzott teljesítmény a mérési irányszög függvényében (jelölés: vízszintes távolság a mérőberendezéstől/repülési magasság/érzékenységi terület - Y - az EVU fel van szerelve)(3.sz.ábra.)

A további mérési eredményeket a 4. -5.sz. ábrák mutatják. A köríven a mérési irányszög. Radiális irányban az egységnyi felületről kisugárzott energia van megadva. A jelölési dobozban a mérőhelytől való vízszintes távolság / repülési magasság értékeket tartalmazza. A N és a Y betűk az infravörös sugárzást csökkentő berendezés hiányára, illetve meglétére utal.

A mérési ponttól való távolság és rálátási szög hatása az infravörös sugárzás intenzitására.

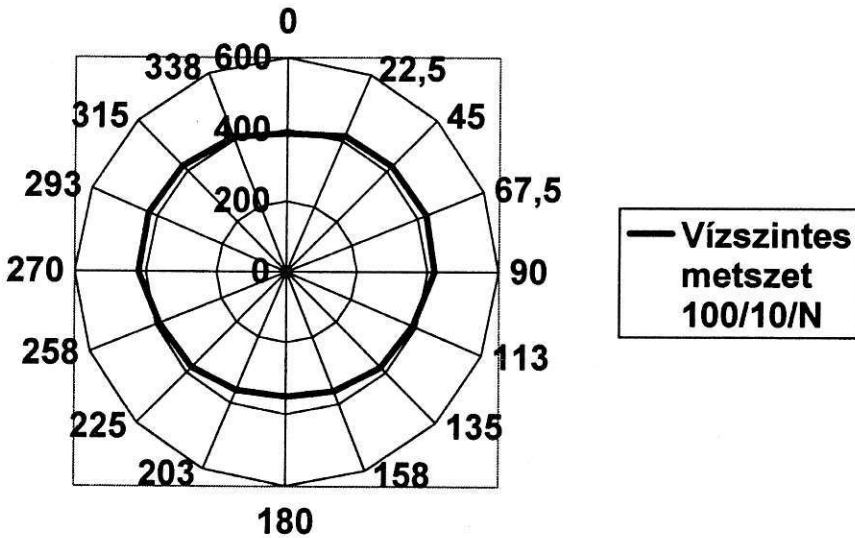
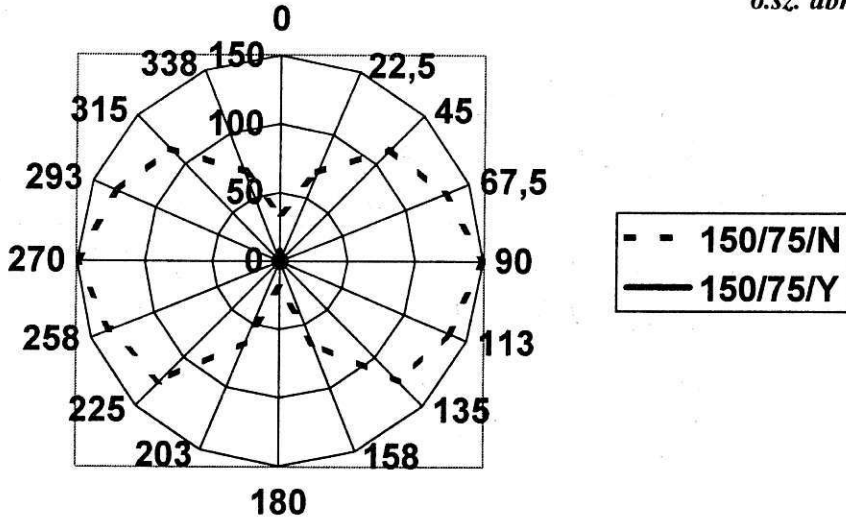
4.sz. ábra





Felső ábra: a SEU berendezés hatása $6,5^\circ$ rálátás mellett 101 m távolságban

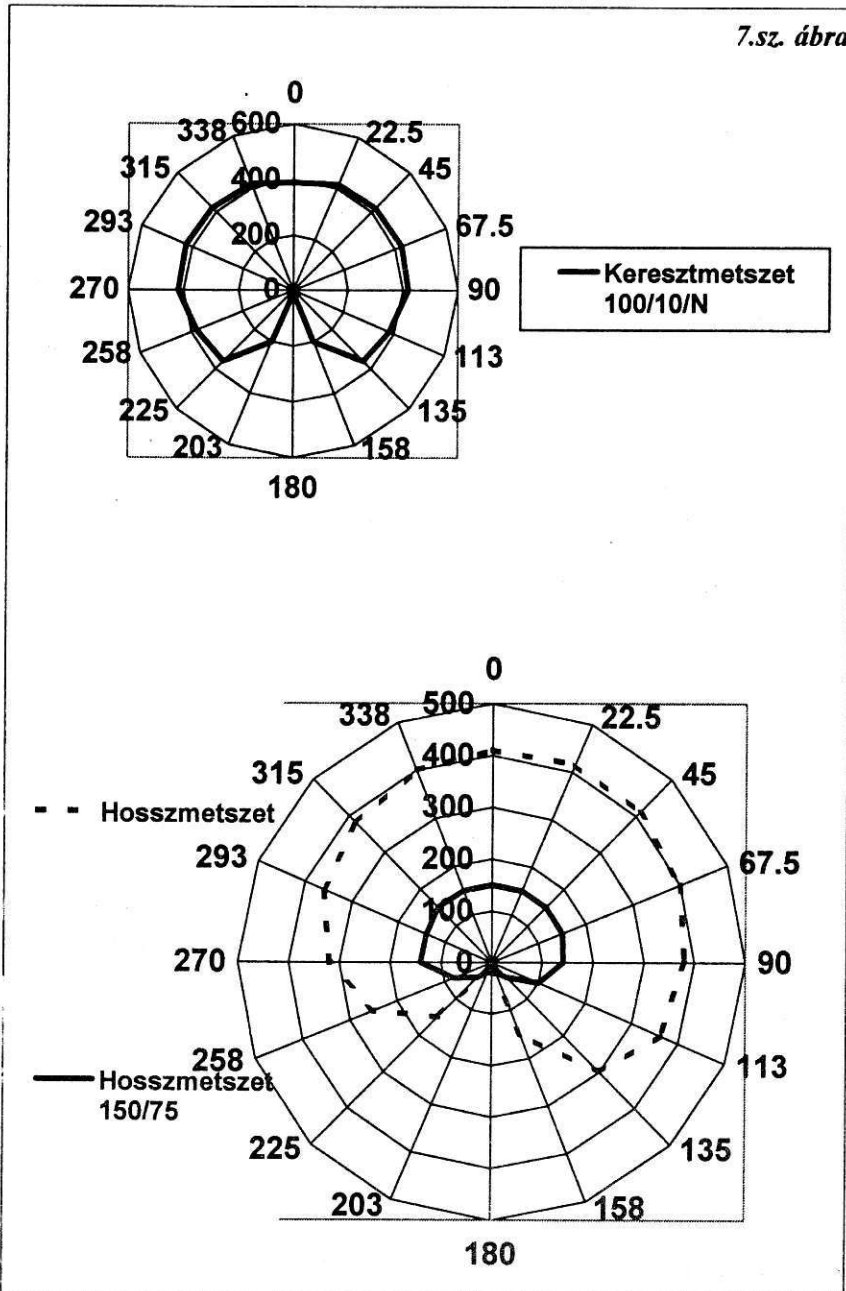
Alsó ábra: A SEU berendezés hatása $16,5^\circ$ rálátás mellett 105 m távolságban



Felső ábra: A SEU berendezés hatása $26,5^\circ$ rálátás mellett 167 m távolságban.

Alsó ábra: Származtatott diagram a vízszintes síkban SEU nélküli helikopteren.

7.sz. ábra



7.sz. ábra: Felső ábra: Származtatott diagram a kereszt síkban SEU nélküli helikopteren.

Alsó ábra: Származtatott diagramm a hossz tengely menti síkban SEU nélküli és SEU -val üzemelő helikopteren.

Az EVU/SEU berendezések hatásossága

Ha első áttekintésre nem sikerült volna analógia alapján érdemben érzékeltetni a MI-24 helikopterhez rendszeresített SEU berendezés hatásosságát, akkor ebben segítséget ad egy olyan összehasonlítás, amikor ugyanaz a helikopter SEU-val majd SEU nélkül repül a mérési pontra merőleges irányba. Ekkor egy MI-24-es helikopter SEU nélkül még 2500 m oldaltávolságban is értékelhető infravörös forrásként volt azonosítható. Ugyanazon műszer érzékenysége és háttérköörülmények mellett a SEU-val felszerelt helikopter mintegy 300 m oldaltávolságból volt csak észlelhető.

A SEU berendezések hatásossága a távolság függvénye. Elfogadható harctéri távolságban a SEU berendezések a helikopter saját infravörös sugárzását a hadszíntér egyéb infravörös sugárzási tényezőinek szintje alá nyomják, ami zavarba ejti és megteveszti a csak infravörös rávezető fejjel támadó rakétákat. Ez biztosabban következik be akkor, ha a rakéta kilövése után a helikopter valódi, vagy virtuális - a támadó rakéta tulajdonságaira hangolt - megtevesztő infravörös forrásokat bocsát ki.

Az EVU / SEU / berendezésekkel az adott helikopterek felderíthetősége csökken, de a hatékonyabb védelemhez ezzel a rendszerrel párhuzamosan alkalmazni kell a meglévő és rendszerbe állított megtevesztő infravörös sugárforrásokat és más az infravörös rakéták fejeinek becspására alkalmas eszközöket is. Ez utóbbiak a meglévőnél korszerűbb eszközökre is lecserélhetők.

Alkalmazási példák

A vizsgált berendezés elvével azonos módon hasonló berendezések alkalmazottak a következő ismertebb helikopter típusokon: Tiger, S-70, S-76, Gazella, Cougar, AH-64A Apache, Boeing 360, Bell AH-1 Cobra, Augusta 129A Mangusta, Aerospetiale Panther.stb.

Harcászati előny

Védelemben: kisebb akciósugárból való támadhatóság. **Támadásban:** a cél észrevétlen frontális megközelítésének a lehetősége a saját tüzerőromboló hatású következményeinek határáig.

Egyéb hatások

A SEU a helikopter manőverező képességét nem változtatja meg. A helikopteren mérhető rezgésképen új frekvencia nem jelenik meg. A hajtóművekre gyakorolt hatása - több tucat hajtómű egyenkénti és együttes földi hajtóműpróba adatait, valamint a repülés közbeni adatait figyelembe véve - jelentéktelen. *Ezekből SEU berendezéssel ellátott helikoptereknél az alábbi végkövetkeztetés vonható le:*

- Az indítási idő 1-2 mp el csökken;
- Az alapgáz hőmérséklet és a kompresszor fordulatszám azonos.
- Első utazó üzemmódon a gázhőmérséklet nem változik.
- Névleges üzemmódon a gázhőmérséklet cca. 5 C^0 al növekedik.
- Felszálló üzemmódon (13500 kg terhelés mellett!!!) a gázhőmérséklet cca. 15 C^0 - al növekedik.
- Az üzemanyag fogyasztás határterheléssel való indulással 100 perces repülést figyelembe véve cca 2,5% al növekedik.

A SEU úgy van kialakítva, hogy az a harci fegyverzet alkalmazását nem befolyásolja.

Összefoglalás

A Dunai Repülőgépgyár Rt és a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem munkatársai kifejlesztettek egy olyan mérési eljárást, mellyel sikeresen lehet vizsgálni és minősíteni a harci helikopterek infravörös sugárzásának a csökkentésére szolgáló, pótlólagosan felszerelhető berendezéseket. A mérési eljárást a gyakorlatban is alkalmaztuk.

A mérési eredmények bizonyítják a vizsgált, a harci helikopterek infravörös sugárzását csökkentő berendezések hatásosságát.

A DR Rt által már ismert - itt nem részletezhető adatok figyelembev-

telével a típushoz eredetileg tervezett SEU berendezések felépítését javasoljuk. Az eszköz rendszeres használatára a magyar honvédség műszaki leírással és üzemeltetési utasítással is rendelkezik. A DR Rt által egy NATO ország részére felépített ilyen berendezések eddig mintegy 6000 órát üzemeltek. *Ezek a berendezések néhány perc alatt leszerelhetők, első felszerelésük minimális illesztést igényel. Alkalmazásuk nélkül az egyéb a gépen lévő és infravörös védelemmel összefüggő berendezés hatásossága is alacsonyabb.*