

Nagy János

ÉJJELLÁTÓ BERENDEZÉSSSEL VÉGREHAJTOTT REPÜLÉSEK KOCKÁZATI TÉNYEZŐI

Az éjjellátó berendezések repülés közbeni használata jelentős előnyöket biztosít, lehetővé teszi az éjszakai földközeli repülést, a látás utáni navigációt, valamint a célok vizuális felderítését, ezáltal elősegíti a repülési feladat sikeres végrehajtását. Biztosítja a gépszemélyzetek számára, hogy éjszaka, gyenge természetes megvilágítottsági szint mellett, gyakorlatilag vaksötétben repüljenek olyan béke és harc feladatokat, melyek sikeres végrehajtása elképzelhetetlen lenne éjjellátó berendezések használata nélkül.

Fontos hangsúlyozni, hogy ezen berendezések által nyújtott többlet képességek egyben új kockázati tényezőket is rejtenek. Az éjjellátók által létrehozott kép hiányosságai, az emberi érzékelés korlátai, valamint a környezeti tényezők hatása az éjjellátó berendezésekre eddig ismeretlen veszélyforrásként jelentkeznek. Szerke a világban, az éjszakai műveletek számottevően több balesettel és repülőesemény veszélyes helyzettel járnak, mint a nappali repülések. Ezen esetek jó része közvetlenül kapcsolatba hozható az éjjellátó berendezések technikai korlátaival, míg más esetekben a kiképzés hiányosságai, vagy a gépszemélyzet tagjai közötti nem megfelelő együttműködés okolható.

A cikk ezen kockázati tényezők elemzése során összefoglalja az éjjellátó berendezések technikai jellemzőit, az alacsony megvilágítási szint mellett a látás korlátait, valamint az éjjellátó berendezések használatával kapcsolatos érzékelési problémákat.

A hadviselés történetében az éjszakai műveletek végrehajtása mindig jelentős nehézséget jelentett, ezért ha lehetett elkerülték az ilyen jellegű feladatokat. A katonáknak először tüzet, majd később mesterséges fényforrásokat kellett alkalmazniuk a harc sikeres megvívása érdekében. Az új technológiák betörése jelentősen megváltoztatta a helyzetet. Mérnökök és tudósok kidolgozták a megfelelő tudományos alapokat, és létrehozták azokat az eszközöket, amelyek lehetővé teszi a katonák számára, hogy uralhassák az éjszakát, és sikeresen megvívassák harcukat.

Éjjellátó berendezések használata a repülésben:

Az éjszakai helikopter műveletek végrehajtását segítő berendezés először 1969-ben jelent meg az Egyesült Államokban. Mivel az érvényben lévő harcászati doktrínák ebben az időben nem követelték meg az éjszakai földközeli, vagy terepkövetéses repülést, a berendezés fejlesztése megállt. 1971-ben az amerikai hadsereg újraértékelte a harcászati alkalmazás követelményeit és meghatározták a terepkövetéssel történő repülések szükségességét nappal és éjszaka egyaránt. Ennek eredményeként került kifejlesztésre az első kisméretű, fedélzeten is alkalmazható éjjellátó rendszer, amely jelentős előnyöket biztosított a szabad szemmel végrehajtott éjszakai repülésekkel szemben.

Az éjjellátó eszközök működése:

Az éjjellátó eszközök működését tekintve két, egymástól eltérő módszert különböztethetünk meg. Az egyik eljárás a képerősítés elvét alkalmazza – ezen az elven működnek az éjjellátó

szemüvegek –, míg a másik a tárgyak által kibocsátott hőt érzékelő infravörös hőkamera (FLIR)¹.

← Rövidebb hullámhossz
→

Hosszabb hullámhossz

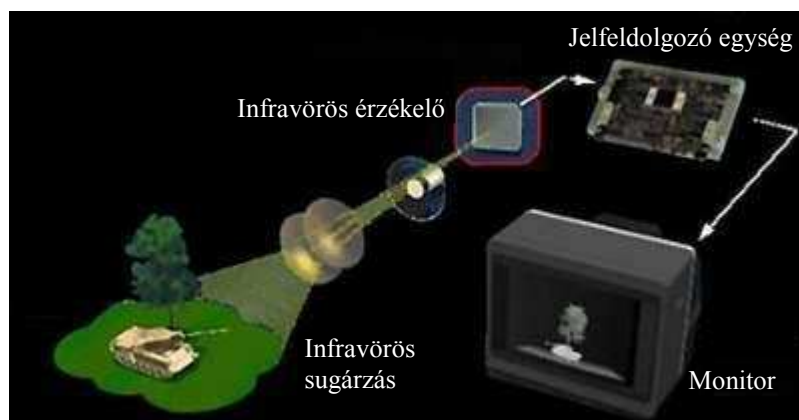
Látható fény 450nm – 750 nm	Közei infravörös 750nm – 1300 nm	Közepes infravörös 750nm – 1300 nm	Távoli infravörös 750nm – 1300 nm
Amit az emberi szem lát	Csillagfény	Infravörös távirányítók	Meleg tárgyak infravörös sugárzása
..... Éjjellátó szemüveg		 FLIR	
... Amit a szem érzékel ...			

1. ábra Az éjjellátó eszközök érzékelési tartománya²

Infravörös hőkamera:

Minden objektum, melynek hőmérséklete az abszolút nulla fok felett van, infravörös sugárzást bocsát ki magából. A nap nem csak látható fényt formájában sugározza energiáját, hanem az elektromágneses spektrum teljes terjedelmében. A kisugárzott infravörös fény a földfelszín, az azon lévő természetes és mesterséges objektumokat elérve részben elnyelődik, aminek következtében ezen objektumok hőmérséklete megváltozik.

Napnyugta után a napközben felmelegedett anyagok energiát sugároznak ki. Ez az energia a hőmérséklettel arányos mennyiségű infravörös összetevőt is tartalmaz, ami lehetővé teszi, hogy a különböző mértékben felmelegedett tárgyak jól láthatóak és megkülönböztethetők legyenek a hőkamera által létrehozott képen.



2. ábra hőképes képalkotás alapvető elemei³

A berendezés előnye, hogy működéséhez nincs szükség semmilyen fényre, ezért az éjjellátó szemüveggel szemben nagyon rossz megvilágítási feltételek mellett is alkalmazható. Méreténél fogva, valamint a kép megjelenítéséhez szükséges képernyő miatt fixen telepített, utólagos beépítése csak gyári szintű modernizáció keretében lehetséges.

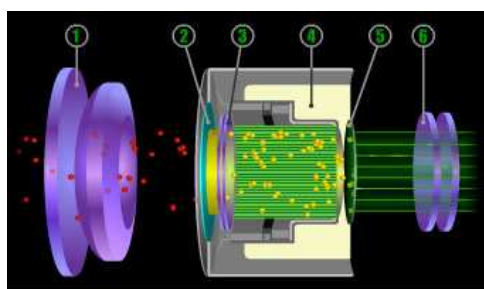
¹ Forward Looking Infrared – Előre néző infravörös kamera

² FM 3-04.203 Fundamentals of Flight May 2007, Headquarters, Department of the Army - alapján

³ <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/nightvision2.htm> - alapján. Letöltve:2010.03.20.

Képerősítés elvén működő berendezések:

A képerősítés elvét felhasználó berendezések működéséhez szükség van fényre, igaz olyan minimálisra, hogy a szemünk teljes sötétséget érzékelne. A működési elv azon alapul, hogy a készülék a belépő fotonokat egy speciális anyaggal bevont fotókatód segítségével átalakítja elektronokká, az elektronok számát megsokszorozza, majd a felgyorsított elektronokat egy foszfor képernyőre irányozza, ahol azok újra látható fénné alakulnak, melyet a felhasználó a nézőkén keresztül érzékel. Az éjjellátó eszköz által létrehozott kép ekkor már a megfigyelt részlet tiszta, zöldes színű újjáalkotása.



1. Objektív
2. Fotókatód
3. Mikrocsatornás lemez
4. Magas feszültségű tápegység
5. Foszforernyő
6. Okulár

3. ábra. Az éjjellátó berendezés működési vázlat⁴

Az éjjellátó szemüveg a látható és a láthatóhoz közeli infravörös fényt érzékeli. Az éjszakai látást nagymértékben javítja, a modern berendezések erősítése akár 50 000 - szeres is lehet. Hátránya ugyanakkor, tökéletes működéséhez szigorú megvilágítottsági feltételek szükségesek, hatásfokát jelentősen lerontja a túl erős, vagy nem megfelelő hullámhosszú környezeti fény, ezért a korábban rendszeresített repülőeszközök fedélzetén használva jelentős kompatibilitási problémák léphetnek fel.

Az éjszakai és a nappali látás közötti különbségek

A fény érzékelése:

Az emberi szemben két különböző típusú érzékelősejt szolgál a fényinger felvételére és kémiai ingerré történő átalakítására. Ezeket a sejteket - alakjuk után - pálcika és csapsejteknek nevezzük. Bennük a fény hatására olyan kémiai anyagok termelődnek, amelyek további idegsejteken végighaladva továbbítják a külvilág fényingereit az agy felé.

A csapsejtek alapvetően a nappali, erős fényviszonyok melletti látást biztosítják. A retina középső részén szemlencsével szemben koncentrálódnak ezért ez a retinaterület specializálódott az éles és intenzív képek, valamint a színek érzékelésére, mivel ezek a sejtek tartalmazzák a fényérzékeny jodopszin nevű kémiai anyagot, amely lehetővé teszi a színlátást.

A pálcikasejtek szerepe a gyenge fényviszonyok közötti látás biztosítása. A retina perifériás részén szinte kizárólag ilyen érzékelő sejtek találhatók. A perifériás látás kevésbé precíz, mint a retina középső részén érzékelt, mivel nappali fényben ezek a sejtek csak a szürke árnyalatait, valamint homályos formákat és alakzatokat érzékelnek. A pálcikasejtek éjszakai fényérzékelése összefügg a bennük található rodopszin nevű kémiai anyaggal. A

⁴ <http://www.atncorp.com/hownightvisionworks> (2009.09.20.)

megvilágítási szint csökkenésével a sejtekben megemelkedik a rodopszin szintje, és a fénnel szemben egyre érzékenyebbek lesznek.

A két különböző típusú érzékelősejt eltérő tulajdonságaiból adódóan a nappali és éjszakai látás közötti különbségek alapvetően a színlátásban, a részletek megfigyelésének lehetőségében és a retina érzékenységében jelentkeznek.

Sötét adaptáció:

Amikor egy jól megvilágított helységről kimegyünk a sötétbe, először alig látunk valamit, majd néhány perc múlva kezdjük észlelni a homályos formákat és a tárgyak körvonalait. Az idő múlásával egyre több részletet leszünk képesek megfigyelni, ahogy szemünk fokozatosan hozzászokik a sötétséghez.

A jelenség oka, hogy a pálcikasejtek fényérzékenysége mintegy tízezerszerese a csapasejtekének. Amikor a környezeti fényviszonyok a telihold fényereje körüli értékre csökkennek, a pálcikasejtek átveszik a csapasejtek szerepét. Legnagyobb fényérzékenységüket kb. 30-40 perc sötét környezetben tartózkodás után érik el, ezért van szükség szemünk sötétbe szoktatására, az úgynevezett sötét adaptációra.

Az alkalmazkodás mértéke és üteme egyénenként változhat, az azonban általános, hogy az első 30 percben az érzékenység drámaian nő, majd az ezt követő időszakban már alig emelkedik. A teljes adaptációhoz személytől függően 30-45 perc szükséges. Minél alacsonyabb az adaptáció előtti megvilágítottsági szint, annál gyorsabb a teljes folyamat.

Ha a sötétséghez hozzászokott szem erős fénynek van kitéve, a kialakult fényérzékenység átmenetileg lecsökken. A csökkenés mértéke a fény erősségétől és az expozíciós időtől függ. A repülőeszközökön általában megtalálható villanófények sötét adaptációra gyakorolt hatása kicsi, mivel a felvillanás rövid ideig tart. Ugyanakkor a jelzőrakéták, kereső fényszórók, vagy nagyobb villámok jelentősen csökkenthetik az adaptáció mértékét. Ilyen esetekben a már korábban kialakult fényérzékenység visszanyerésére további 5-45 perc szükséges teljes sötétségben.

A fényerősítés elvén működő berendezések használata befolyásolja a sötét adaptációt. Ha egy korábban már a sötétséghez hozzászokott személy éjjellátó szemüveget visel, majd azt sötét környezetben leveszi, az egyébként 30 perc alatt bekövetkező adaptációs szint 2-3 perc alatt elérhető.

Az éjjellátó eszközök használatához nincs szükség adaptációra. A szemüveg alkalmazásával a látás alapvetően nappali (fotópikus), de a berendezés által előállított alacsony fényerejű kép nem teljesen távolítja el a rodopszint, ezért az éjjellátó szemüveg számottevően nem csökkenti az adaptáció mértékét.

A színlátás:

Az egyik legnagyobb különbség az éjszakai és nappali látás között, hogy a színlátás csökken, vagy teljesen eltűnik. A megvilágítási szint csökkenésével a szem a nappali (fotópiás) látásról áttér az éjszakai (szkotópiás) látásra. Az éjszakai látás során színek nem azonosíthatók, mert a pálcikasejtek nem képesek különböző hullámhosszúságú fénysugarakat megkülönböztetni,

ezért a meg nem világított tárgyak színei nem állapíthatók meg éjszaka, bár a visszavert fény intenzitása által a sötét és világos színek megkülönböztethetők.

Ha a tárgy fényessége meghaladja a csapsejtek érzékelési küszöbét a színek érzékelése azonnal lehetővé válik. Ez az oka annak, hogy a jelzőrakéták és a repülőtéren jelzőfények színei éjszaka is tökéletesen láthatók.

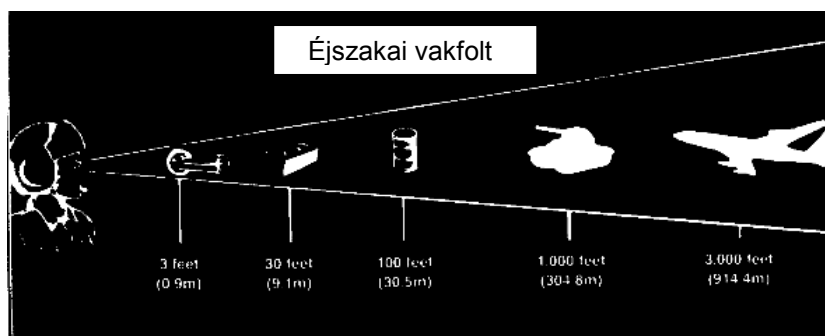
A kép részletessége:

Az apró részletek érzékelése éjszaka lehetetlen, mivel rossz fényviszonyok között a látás élessége nagymértékben lecsökken. A telihold fényénél a látás élessége egy hetede a napfényénél tapasztalhatónak, ezért éjszaka csak a nagyméretű, vagy közeli objektumokat tudjuk azonosítani. A tárgyak éjszakai azonosítása kontúrjuk, körvonalaik alapján lehetséges, nem apró jellegzetességeik alapján.

A retina érzékenysége:

Az éjszakai és nappali látás közötti különbség egyik fő oka a retina egyes részeinek különböző érzékenysége. Sötétben a retina középső részének érzékelő képessége lecsökken és éjszakai vakfolt alakul ki. Ennek oka, hogy a retina középső részén csak csapsejtek találhatók, melyek alacsony megvilágítási szint mellett nem érzékelik a fényt. Mivel az éjszakai vakfolt mindkét szemnél a látómező közepén található, hatását a binokuláris (két szemmel történő) látás sem tudja kompenzálni, ezért a közvetlenül előttünk lévő tárgy nem látható.

Az éjszakai vakfolt hatásaként a távolság növekedésével egyre nagyobb tárgyak válnak láthatatlanná. Ahhoz, hogy éjszaka is minden tárgyat észlelhessünk, a perifériás látásunkat is használnunk kell, valamint be kell gyakorolnunk az éjszakai repülésnél használt pásztázási eljárásokat. Az éjszakai vakfolt és a távolság összefüggését a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra. Az éjszakai vakfolt hatása a távolság növekedésével⁵

AZ ÉJJELLÁTÓ SZEMÜVEGEK ÁLTAL LÉTREHOZOTT KÉP

Az éjjellátó szemüvegek egy világos „ablakot” nyitnak a sötét környezetbe, ezáltal harcászati előnyhöz juttatják felhasználóikat, és növelik a repülésbiztonságot. Ugyanakkor fontos hangsúlyozni, hogy az éjjellátó szemüveggel történő repülés nem egyenértékű a nappali fényviszonyok közötti repüléssel, a létrehozott kép nagyon sok tekintetben elmarad a napfénynél látottakhoz képest.

⁵ TC1-204 Night Flight Techniques and Procedures (Headquarters Department of the Army 1988)

Fókusz távolság

Az ember szemei fókusz távolságukat egyszerre módosítják, kb 15 cm-től a végtelenig. A fókuszálás nagyon gyorsan történik, tudatosan, vagy önkéntelenül. Az éjjellátó szemüveg esetében mindkét csatorna szemlencsét manuálisan, egymástól függetlenül kell beállítani. A szemüvegek optikai fókusz távolsága általában végtelenre van állítva, annak érdekében, hogy a külső világ tisztán látható legyen. Ez azt eredményezi, hogy a kabinban lévő műszerek leolvasása nem lehetséges a szemüvegen keresztül, mivel a műszerfal csak elmosódottan látszik. A megoldás az, hogy a pilóta szabad szemmel, az éjjellátó alatt néz le műszerekre. A váltás a külső világ megfigyeléséről a műszerekre időt vesz igénybe. A szem fókuszálása végtelenről egy közeli pontra, és vissza kb. 1 másodpercet vesz igénybe. Normál, nappali repülés közben a bepillantás a műszerfalra, a műszerek leolvasása, majd a visszatérés a külső világ megfigyelésére 3-5 másodperc alatt történik. Éjszakai repülés közben ez a folyamat még több időt vesz igénybe, mivel az éjjellátó alatti lepillantás szokatlan, természetellenes szögben történik, valamint valószínűleg jelentős különbség lesz a műszer megvilágítás és az éjjellátóban látott fényerő között, ami miatt a szemnek alkalmazkodnia kell az új fényviszonyokhoz.

Látómező

Az éjjellátó szemüvegek alkalmazása során a pilóta látómezője jelentősen lecsökken a szabad szemmel történő repüléshez képest. A mai éjjellátók megközelítőleg 40°-os látómezőt biztosítanak. A perifériás látás ugyan lényeges információkat szolgáltat a pilótafülke megvilágított műszereiről, de a pilótafülkén kívüli perifériás látásról gyakorlatilag nem beszélhetünk, mivel a pilóta szemei nem alkalmazkodtak a kinti sötét környezethez.

A modern éjjellátó szemüvegek által biztosított 40°-os látószög csak akkor érhető el, ha a szem és a szemüveg lencséje közötti távolság a típusra meghatározott optimális értékre van beállítva (általában 18mm körüli), ha a távolság ennél nagyobb, a látószög csökken.

Előfordulhat, hogy nem használjuk ki teljes mértékben az éjjellátó által nyújtott lehetőségeket, mivel adódhat olyan sisak/szemüveg párosítás, ahol a rögzítési lehetőségek korlátozottak, és nem teszik lehetővé az optimális távolság beállítását. Van olyan eset is, amikor a gépszemélyzet tag szándékosan nagyobb távolságot állít be, hogy ezáltal jobb pozíciót érjen el a szemüveg alatti lepillantáshoz.

Szabad szemmel végrehajtott repülés közben a pilóták a perifériás látás segítségével nyernek információt a repülőeszköz sebességéről, magasságáról, az akadályokról, valamint a repülőeszköz térbeli helyzetéről, miközben szemük folyamatosan pásztázza a látóteret. A természetes reakció egy addig nem látott tárgy megjelenésére a perifériás látótérben, hogy fejünket is, szemünket is a tárgy irányába fordítjuk. Az éjjellátó szemüvegek használata teljesen más, olykor természetellenes pásztázási módszereket kíván. A perifériás látás hiánya és a szemmozgás korlátozott használhatósága, valamint a beszűkült látómező a fej folyamatos, lassú mozgásával kompenzálható. Ezt az eléggé szokatlan módszert az éjjellátó kiképzés alatt kell megtanulni, és folyamatos gyakorlással kell fenntartani.

Mivel a szem mozgatása nem változtatja meg a látószöget, a pásztázáshoz a fejet kell elfordítani. Ugyanakkor a gyors fejmozgás szédüléshez és a térbeli helyzet elvesztéséhez

vezethet, ezért éjjellátó szemüveg használatával a pásztázást lassú és folyamatos fejmozgással kell végrehajtani. Amikor balról jobbra pásztázunk, a szemnek a berendezés által biztosított látószögön belül lassan kell mozognia balról jobbra, miközben a fej is jobbra mozog. Ezzel a módszerrel minimalizálni lehet a fej mozgását, mivel a gépszemélyzet tag 70-80⁰-os látómezőt tud átvizsgálni, miközben feje csak 30-40⁰-ot fordul. Mindazonáltal fontos hangsúlyozni, hogy a maximális látásélesség akkor érhető el, ha a személyzet a képerősítő cső közepén néz keresztül, mivel periférián a látásélesség közel a felére csökken.

Az amerikai hadsereg megfigyelései szerint a pásztázás közbeni fejmozgás sebessége a látószög csökkenésével arányosan növekszik. Ha a szemüveg által létrehozott kép felbontása (például a fényviszonyok, vagy az időjárási körülmények megváltozása miatt) csökken, ezzel együtt a fejmozgás sebessége is csökken. Ez utóbbinak valószínűleg az lehet az oka, hogy a rosszabb minőségű, kevesebb részletet tartalmazó kép megfigyeléséhez és azonosításához több idő szükséges.

Látásélesség, felbontóképesség

A látásélesség azt mutatja meg, hogy a szem egy bizonyos távolságból mekkora optikai jeleket képes elkülönítve felismerni. A látásélesség jellemzésénél az egyén látását a nagy társadalmi átlag alapján elfogadott "normális" látáshoz viszonyítják. A normális látás 5/5, ami azt jelenti, hogy az alany 5 méterről akkora jelet ismer fel, amekkorát az egészséges szem is 5 méterről látna.

Országonként változóak lehetnek a látásélesség meghatározásának körülményei, Magyarországon 5 méterről, de van ahol 6 méterről használják az olvasótáblát és határozzák meg a látásélességet. A tengerentúlon 20 lábról végzik a vizsgálatokat. Az eredményt általában hányados formájában fejezik ki. A normális látás 5/5, 6/6 vagy 20/20 értékekkel fejezhető ki. A napjainkban használatos III. generációs éjjellátó szemüvegek által biztosított látásélesség optimális körülmények között 20/40, a valóságban azonban a gépszemélyzet ritkán találkozik optimális körülményekkel.

A felbontóképesség alatt azt a legkisebb távolságot értjük, ahol két pont még különállónak látszik. Az átlagos emberi szem felbontóképessége 0,1-0,3 mm. Ha két pont ennél közelebb esik egymáshoz, azokat egy pontként érzékeljük.⁶

Az éjjellátó szemüveg optimális felbontóképessége jó fényviszonyok között, kontrasztos tárgy megfigyelésekor érhető el. A megvilágítottsági szint csökkenésével a felbontóképesség is csökken, mivel ezek a berendezések fényerősítés elvén működnek.

Annak érdekében, hogy a szemüveg által nyújtott felbontóképességet teljesen kihasználhassuk a szemlencsét tökéletesen a felhasználó szeméhez kell igazítani. Mindkét szemlencse egymástól függetlenül állítható, – típustól függően – általában +2 és -6 dioptria között. Ez lehetővé teszi, hogy a gépszemélyzet tagjának repülés közben ne kelljen viselnie megszokott szemüvegét.

⁶ www.mtk.nyme.hu/fileadmin/user.../2.gyak_2hetente.pdf; Letöltve: 2010.03.29.

Távolságbecslés:

A pontos távolságbecslés minden pilóta számára fontos, különösen a forgószárnyas pilóták számára. A helikopter természeténél fogva fák és egyéb akadályok között manőverezik, terepkövetéssel hajtja végre feladatai többségét. Szűk helyeken, 1-2 méter magasságban manővereznek, vagy éppen a megadott pont felett, az előre meghatározott magasságon kell függeszkedniük hosszú percekig keresztül. Ezek a manőverek pontos és biztonságos végrehajtása távolság becslésének képessége nélkül nem lehetséges.

Az éjjellátó szemüvegek nem rendelkeznek nagyítással, a valóságról 1:1 arányú képet közvetítenek. Ennek ellenére, éjjellátó használatával hajlamosak vagyunk a távolságok túlbecslésére. A tárgyakat távolabbinak (vagy kisebbnek) érzékeljük, mint a valóságban.⁷ Az ilyen jellegű érzéki csalódások földközeli repülések, vagy leszállás közben végzetes következményekkel járhatnak.

Környezeti tényezők

A környezeti tényezők jelentősen befolyásolják az éjjellátó szemüvegek által létrehozott kép minőségét. Ezek a tényezők alapvetően a megvilágítottsági szint és az időjárás. Mivel ezek a berendezések a képerősítés elvén működnek, minimális fényre szükség van elfogadható működésükhöz. A fényforrások lehetnek természetesek, mint például a hold, vagy a csillagok és a mesterségesek, mint például a települések fényei.

A hold és a csillagok jelentős mennyiségű energiát bocsátanak ki, amely az emberi szem számára láthatatlan, azonban az éjjellátó berendezések működéséhez elengedhetetlenek. A csillagok minden irányba sugározzák fényüket, míg a hold a naphoz hasonlóan pontszerű fényforrás, mely árnyékot vet és holdkeltétől holdnyugtáig keresztül vándorol az égbolton. A hold keltének és nyugtának időpontja, a horizont feletti magassága, a kisugárzott fény mennyisége a repülés tervezéséhez szükséges alapvető adatok, melyeket adott területre vonatkozóan a meteorológiai szolgálat biztosít.

A repülés irányához viszonyítva a hold helyzete, az égbolt fényessége és a mesterséges fényforrások alapvető információk, melyek meghatározzák az éjjellátó szemüveg által létrehozott kép minőségét. A fényforrás irányába történő repülés csökkenti a berendezés hatásfokát, csakúgy, mint nappal a nap irányába történő repülés, míg a fényforrástól való elrepülés javíthatja az előállított képminőségét. A tereptárgyak, vagy mesterséges építmények árnyékában lévő objektumok, tárgyak általában nem érzékelhetők, a repülés előzetes tervezésekor a haladási irány szerinti árnyékoltságot fontos tényezőként kell figyelembe venni. Legtöbb elektromos vezeték a repülési iránytól függetlenül láthatatlan a szemüveg számára, azonban a vezetékhez tartozó oszlopok elárulják jelenlétüket.

A légköri adatok szintén alapvetően befolyásolják a feladat végrehajtását. Optimális feltételek tiszta, száraz éjszaka állnak fenn. Párás időben a tárgyakról visszaverődő fényt a levegőben lebegő vízcseppek szétzórják, rontva ezáltal a létrehozott kép minőségét. Az eső, hó, köd, por, vagy füst jelenléte különböző mértékben ugyan, de mind rontják a működési feltételeket. Általánosságban elmondható, hogy azok a légköri tényezők, melyek rontják az éjjellátó

⁷ Brickner, Wagner, and Gopher, 1987

nélküli repülési feltételeket, hasonlóképp negatív hatással vannak az éjjellátó szemüveggel végrehajtott repülésekre is.

A kevés tapasztalattal rendelkező gépszemélyzet tagok nem minden esetben észlelik az időjárási feltételek fokozatos romlását. Ennek egyik oka az, hogy az éjjellátó szemüvegek beépített szabályzórendszere a külső megvilágítottsági szint értékének nagymértékű változása esetén is igyekszik kijelző fényerejét azonos szinten tartani, ezáltal a képminőség kismértékű, fokozatosan bekövetkező romlása nem szembetűnő. A légköri feltételek romlását egyértelműen jelezheti a megnövekedett képzaj. A magas képzaj szint általában azt jelzi, hogy a berendezés működési feltételeinek határértékén dolgozik.

A felhőzet jelenléte csökkenti a természetes fényforrások által kibocsátott fény erejét, ugyanakkor felerősítheti a mesterséges fényforrásokat, mint például, a városok, bevásárló központok, autópályák megvilágításának fényeit.

A környezeti tényezők hatásainak összegzéseként elmondható, hogy az éjjellátó szemüveg kizárólag arra használható, hogy a gépszemélyzet tagjainak munkáját látás meteorológiai körülmények között segítse. Az éjjellátó szemüveg nem használható műszeres meteorológiai körülmények közötti repülések végrehajtására, a szemüveg használata nem változtatja meg a látás meteorológiai körülmények közötti repülések időjárási minimumát. Lehetséges, hogy akadnak olyan enyhén párás területek, melyeken az éjjellátó szemüveg könnyedén keresztül lát, ugyanakkor ilyen esetekben megnő az esélye annak, hogy a gépszemélyzet nem szándékoltan kerül kiképzettségi szintjét meghaladó időjárási körülmények közé, ezért a repülés csak olyan időjárási viszonyok között hajtható végre, melyben a gépszemélyzet látás szerinti repülést tud folytatni az éjjellátó szemüveg képének leromlása, vagy elvesztése esetén is.

Az éjjellátó szemüveg fedélzeti integrációja

Számos tényezőt kell figyelembe vennünk az éjjellátó berendezések éjszakai műveletekbe történő sikeres integrálásához. A gépszemélyzet tagok sisakjait módosítani kell az éjjellátó szemüvegek rögzíthetősége érdekében, a pilótáknak meg kell szokniuk az extra súlyt és a megváltozott súlyponthelyzetet. A repülőeszköz üvegezése nem biztos, hogy alkalmas a közeli infravörös fények áteresztésére, valamint a legtöbb repülőeszköz külső és belső fénytechnikai rendszere sem éjjellátó kompatibilis, így ezeket a fényeket ki kell kapcsolni, vagy át kell alakítani.

A szemüveg rögzítése:

Az éjjellátó szemüveg felszerelése megnöveli a fejre ható súlyterhelést és megváltoztatja a sisak gyárilag kialakított súlyponthelyzetét, melyet az ellensúly felszerelésével sem lehet pontosan az előzetesen beállított gyári értékre visszaállítani. A megváltozott súlypont és a hozzáadott súly együttesen nyomatókat hoznak létre, mely a fejre és a nyak izmaira hat.

Amennyiben a súlypont előre helyeződik, a nyak és hát felső részének izmai többlet feladatra kényszerülnek, mert nekik kell a fejet megtartani. A nyak- és a felső-hátizmok gyorsan elmerevednek, kötötté, spasztikussá (görcsössé) válnak, a nyaki mozgások

beszűkülnek. Ennek következményeként az egész nyak- és vállövi terület érzékeny és fájdalmassá válhat, és egyre gyakoribb fejfájás is jelentkezhet.⁸

A megnövekedett súly negatív hatása elsősorban a fej lassabb mozgásában, ezáltal a pásztázás hatékonyságának csökkenésében jelentkezik, melynek fő oka az izom merevsége. A fej és a nyak izmainak elfáradása megnöveli a reakció időt, ami ezen izmok mozgásához szükséges. Éjjellátó szemüveggel végrehajtott repülések során a vizuális információ elsősorban a fej folyamatos mozgásával (pásztázás) biztosítható, a nagyobb reakció idő a manőverező képesség csökkenéséhez vezethet, ezáltal veszélyhelyzetet idézhet elő.

Annak ellenére, hogy baleset esetén a szemüvegek a típustól függően beállított terhelés értéknél letörnek a sisakról, a határérték eléréséig létrejövő nyomtérk jelentősen növeli a sérülés veszélyét. Mivel a szemüveg kiemelkedik a sisak síkjából, vészelhagyáskor nem zárható ki, hogy az ejtőernyő nyitáskor a zsinórzat beleakad a kiálló részekbe, és komoly sérüléseket okoz. A helyzeten nem változtat az sem, ha a szemüveget a vészelhagyás előtt eltávolítják, mivel a sisakon maradó talp ugyanolyan veszélyforrást jelent. A sisak levételével ugyan a zsinórzat beakadásának veszélye megszűnik, ugyanakkor a sisak nélküli vészelhagyás semmiképp sem javasolt, mivel még a fentiekben leírt sérülésveszéltnél is nagyobb kockázattal járna.

A fülke méretei, a pilótafülke üvegezése:

Az éjjellátó szemüveg hatékonyságára jelentős hatást gyakorolhat a repülőeszköz pilótafülkéjének üvegezése, mivel vannak olyan üvegezések, melyek a látható fényt teljes egészében átengedik, azonban a látható fényhez közeli hullámhosszú infravörös fény átengedő képességük gyenge. Legtöbb üveg tervezésénél a látható fény tökéletes áteresztését tartották elsődleges szempontnak, és elnyelik az olyan hullámhosszú fényt, amelyre az éjjellátó berendezések különösen érzékenyek, így azok működéséhez nem biztosítanak optimális feltételeket, és a létrehozott kép minőségét jelentősen lerontják.

A sisakra rögzített szemüveg előre felé jelentős mértékben (15-20 cm) kiáll a sisak vonalából. Kisméretű pilótafülkékben, ahol közel van az oldalsó üvegezés, a helyhiány jelentősen megnehezíti, hogy a pilóta a korábban megszokott mozdulatokkal körülnézzen. Ha az éjjellátó beleakad az oldalüvegbe, a berendezés lencséje megsérülhet, a szemüveg elállítható, mindamellett az ilyen helyzet a repülőeszköz vezetését sem könnyíti meg.

NVG kompatibilis fénytechnika:

A pilótafülke fényei:

A hagyományos pilótafülke megvilágítás ugyanolyan hullámhosszú fényt bocsát ki, amelyre az éjjellátó szemüveg is érzékeny. A nem kompatibilis fülkefények még akkor sem használhatók, ha fényerejüket minimumra csökkentjük, mivel még ekkor is bocsátanak ki látható és a láthatóhoz közeli infravörös fényt, ami jelentősen rontja a szemüveg által létrehozott kép fényerejét, kontrasztosságát, láthatóságát.

⁸ <http://www.sulypont.hu/nyakfej.html> (Súlypont ízületi klinika honlapja)

A pilóta a repülőeszköz vezetése közben az éjjellátón keresztül néz ki a gépből és a szemüveg alatt lepillantva ellenőrzi a fülke műszereit, kijelzőit és kapcsolóit. A nem kompatibilis megvilágítás még akkor is zavarja a szemüveg működését, ha a fényforrás nem esik a szemüveg látómezejébe, ezért a pilótafülke fényeit át kell alakítani annak érdekében, hogy az éjjellátó berendezéssel együtt is használhatóak legyenek.

A fülke átalakítása, a teljes kompatibilitás érdekében tartalmazhatja speciális színszűrők beépítését, a műszerek megvilágításának, a fényablók égőinek cseréjét, valamint az utas/teherter világításának módosítását.

A külső fények átalakításának szükségessége:

A repülőeszközök hagyományos külső világítása látható és a láthatóhoz közeli infravörös fényt bocsát ki, ezért nem kompatibilis az éjjellátó berendezésekkel. Az ilyen fények a gép saját személyzete számára, és más gépszemélyzet számára is megnehezítik a fényerősítés elvén működő berendezésekkel történő repülést.

Bár harchelyzetben, szükségmegoldásként az inkompatibilis külső fények kikapcsolhatók, ez nem teszi lehetővé a kötelékrepülést, béke kiképzés során pedig a repülési és repülésbiztonsági szabályok betartása mellett csak elkülönített légtérben alkalmazható. A megoldást csak az éjjellátó berendezésekkel kompatibilis fények alkalmazása jelentheti, fényszűrők, éjjellátóbarát, vagy az emberi szem számára láthatatlan fények formájában.

Összegzés

A tökéletesen előkészített, megfelelő felszereltséggel és kiképzettséggel végrehajtott éjjellátó szemüveges feladat jelentősen emeli az éjszakai helikopterműveletek biztonságát. A szemüveg megfelelő használata lehetővé teszi a látás utáni repülést, képessé teszi a személyzetet, hogy lássák a horizontot és a terepet, azonosítsák a repülésre veszélyes építményeket és objektumokat.

Az éjjellátó szemüvegek viszonylag olcsók, könnyűek, üzemeltetésük és karbantartásuk egyszerű, és rendkívül jól alkalmazhatók az éjszakai műveletek feltételeinek javítására. Mindamellet a szemüveg által létrehozott kép minősége elmarad a nappali viszonyok között, szabad szemmel látott képhez képest, az éjjellátó szemüveggel történő repülés pszichikai és fizikai megterhelést jelent a pilóta számára.

Azok az élettani sajátosságok, melyek az éjszakai sötétség órái alatt jelentkeznek, az éjjellátó szemüvegek korlátaival együtt komoly kockázati tényezőket jelentenek az ilyen jellegű műveletek végrehajtása során. Ezek, a repülés biztonságát veszélyeztető tényezők lehetnek a kimerültség, a stressz, a szem túlerőltetése, a sisak megnövekedett súlya, az erőltetett pásztázási technika és maga a tény, hogy a pilóta a megszokott napi ritmusától eltérően éjjel nem alszik, hanem fizikailag és pszichikailag megterhelő munkát végez. A kockázati tényezők hatása csökkenthető a megfelelő pihenési normák betartatásával, valamint azáltal, hogy megfelelő kiképzéssel elősegítjük időbeni felismerésüket.

Az éjjellátó berendezések által nyújtott előnyöket csak akkor érhetjük el, ha tökéletesen értjük a berendezés korlátait. Fel kell készülnünk a meglévő sisak alkalmazhatóságának, a

repülőeszköz fénytechnikai berendezései kompatibilitásának, megteremtésére, a felmerülő számtalan probléma leküzdésére. Gondosan összeállított tananyagokkal, rendszeres oktatással, a tapasztalatok folyamatos gyűjtésével kell elősegíteni, hogy az üzemeltető műszaki állomány, valamint minden gépszemélyzet tag ismerje a berendezések korlátait, az ilyen jellegű repülések végrehajtásának jellemzőit, és azok szerepét a repülések biztonságos végrehajtásában.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Helicopter Flights with Night Vision Goggles (NASA Technical Memorandum 101039)
- [2] TC1-204 Night Flight Techniques and Procedures (Headquarters Department of the Army 1988)
- [3] Melanie Todd Civil Aviation Safety Authority - Boyd Falconer University of New South Wales: Civil and military night vision goggle operations: a review of existing research
- [4] David C. Foyle - Mary K. Kaiser: Pilot distance estimation with unaided vision, Night-vision goggles and infrared imagery
- [5] Robert W. Verona – Clarence E. Rash: Human Factors and Safety Considerations of Night Vision Systems Flight.
- [6] Major R. K. Read: Under The Cover of Darkness (1992)
- [7] <http://www.atncorp.com/hownightvisionworks> (2009.09.30.)
- [8] www.sulinet.hu/tart/fcikk/Kibc/0/33146/1 (2009.09.30.)
- [9] FM 3-04.203 Fundamentals of Flight May 2007 Headquarters, Department of the Army
- [10] AD-A247 470 Methods of Visual Scanning with Night Vision Goggles - United States Army Aeromedical Research Laboratory Fort Rucker, Alabama
- [11] AD-A211 783 Human Factors and Safety Considerations of Night Vision Systems Flight - United States Army Aeromedical Research Laboratory Fort Rucker, Alabama
- [12] <http://www.sulypont.hu/nyakfej.html>
- [13] <http://electronics.howstuffworks.com/gadgets/other-gadgets/nightvision2.htm>
- [14] Nagy János: Éjjellátó eszközök fedélzeti alkalmazásának kompatibilitási kérdései
- [15] Nagy János: Éjszakai helikopter műveletek végrehajtásának sajátosságai