

**ŠOLA ZA ČASTNIKE
23. GENERACIJA
SPECIALIZACIJA LETALSTVO**

ZAKLJUČNA NALOGA

**UPORABA INSTRUMENTOV ZA LETENJE S HELIKOPTERJEM V
POGOJIH BREZ ZUNANJE VIDLJIVOSTI**



Kandidat-slušatelj:

Matija Zupančič

Mentor:

Poročnik Peter Ožura

Cerklje ob Krki, November 2012



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OBRAMBO
Slovenska vojska
Poveljstvo za doktrino, razvoj,
izobraževanje in usposabljanje
Šola za častnike

Številka:

Datum:

ZAKLJUČNA NALOGA

UPORABA INSTRUMENTOV ZA LETENJE S HELIKOPTERJEM V POGOJIH BREZ ZUNANJE VIDLJIVOSTI

Kandidat-slušatelj:

Matija Zupančič

Mentor:

Poročnik Peter Ožura

Cerklje ob Krki, November 2012

POVZETEK

Naloga opisuje uporabo instrumentov za letenje helikopterja v pogojih brez zunanje vidljivosti. Operativno letenje v Slovenski vojski zahteva od pilotov sposobnost letenja v instrumentalnih meteoroloških razmerah. Ta naloga predstavi osnovno instrumentalno letenje, ki je del usposabljanja za poklicnega pilota helikopterja. V prvem delu naloge so opisani instrumenti, njihova uporaba in napake. V nadaljevanju je predstavljen človeški faktor z iluzijami, ki se lahko pojavijo pri sami izvedbi te vrste letenja. V osrednjem delu naloge je predstavljena uporaba in tehnike skeniranja instrumentov, s pomočjo katerih si zagotavlja pilot varnejše izvajanje nalog. Posebej je še razdeljena krmarljivost in režimi helikopterja med letom. Zaključni del naloge temelji na šolskem izobraževalnem priročniku in zajema vse podrobnosti praktičnega usposabljanja pilotov.

KLJUČNE BESEDE:

- HELIKOPTER
- INSTRUMENTALNI METEOROLOŠKI POGOJI
- ILUZIJE
- SKENIRANJE INSTRUMENTOV
- KRMARLJIVOST
- LETENJE V POGOJIH BREZ ZUNANJE VIDLJIVOSTI
- POKRIVALO

SUMMARY

The paper describes helicopter attitude flying. Operational flying in the Slovenian armed forces requires pilots to be able to fly in instrument meteorological conditions. The main topic is basic instrument flying, which is a part of the helicopter commercial pilot license training. The first part outlines the instruments, instrument use and errors. Followed by instruments is a human factors chapter on illusions that could potentially happen during this particular training. Scanning techniques and their use for safer flying are presented in the central part of the paper. The topic of helicopter control was introduced separately. The final part of the paper is based on flying training manual that covers all the practical details of pilot training.

KEYWORDS:

- HELICOPTER
- INSTRUMENT METEOROLOGICAL CONDITIONS
- ILLUSIONS
- INSTRUMENT SCAN
- CONTROL
- ATTITUDE FLYING
- TRAINING GLASSES

KAZALO

| | |
|--|-----------|
| POVZETEK | i |
| SUMMARY | ii |
| 1 UVOD | 1 |
| 1.1 Izhodišče zaključne naloge..... | 1 |
| 1.2 Namen in cilji zaključne naloge | 2 |
| 1.3 Metode dela | 2 |
| 1.4 Struktura zaključne naloge | 2 |
| 2 LETALSKI INSTRUMENTI | 3 |
| 2.1 Pitot – statični instrumenti | 3 |
| 2.1.1 Delovanje pitot-statičnih sistemov..... | 3 |
| 2.1.2 Višinomer | 4 |
| 2.1.3 Indikator vertikalne hitrosti | 5 |
| 2.2 Instrumenti dinamičnega tlaka..... | 6 |
| 2.2.1 Indikator hitrosti | 6 |
| 2.3 Žiroskopski instrumenti..... | 7 |
| 2.3.1 Umetni horizont | 7 |
| 2.3.2 Indikator smeri | 8 |
| 2.3.3 Indikator zavoja | 8 |
| 3 PROSTORSKA DEZORIENTIRANOST | 10 |
| 3.1 Somatogravična iluzija | 10 |
| 3.2 Somatogirna iluzija | 11 |
| 3.3 Okulogiralna iluzija | 11 |
| 3.4 Iluzija nagiba | 12 |
| 3.5 Nistagmus | 12 |
| 3.6 Coriolisova iluzija in avtokineza..... | 12 |
| 3.7 Iluzija napačnega horizonta..... | 13 |
| 4 SKENIRANJE IN INTERPRETACIJA INSTRUMENTOV | 14 |
| 4.1 Postopki pri skeniranju | 14 |
| 4.1.1 Prvi korak in drugi korak | 15 |
| 4.1.2 Tretji korak..... | 17 |
| 4.1.3 Četrti korak | 18 |
| 5 KRMARLJIVOST HELIKOPTERJA | 19 |
| 5.1 Režim horizontalnega leta | 19 |
| 5.1.1 Položaj nosu helikopterja pri horizontalnem letu | 19 |
| 5.1.2 Nagib | 20 |
| 5.1.3 Nastavitev moči pri režimu horizontalnega leta | 20 |
| 5.2 Režim vzpenjanja | 21 |
| 5.3 Režim spuščanja | 22 |
| 5.4 Zavoji | 23 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6 | USPOSABLJANJE NA HELIKOPTERJU BELL 206 | 24 |
| 6.1 | Priprava..... | 24 |
| 6.2 | Cona Šentjernej in Mrzlava vas..... | 25 |
| 6.3 | Plan dela v coni..... | 25 |
| 6.3.1 | Manever progresivne hitrosti..... | 25 |
| 6.3.2 | Manever vertikalne hitrosti..... | 25 |
| 6.3.3 | S manevri | 26 |
| 6.3.4 | Nepravilni položaji..... | 28 |
| 6.3.5 | Simulacija odpovedi navigacijskih instrumentov..... | 29 |
| 6.3.6 | Avtorotacije pod pokrivalom..... | 30 |
| 6.4 | Nenameren vstop v oblake..... | 30 |
| 7 | ZAKLJUČEK | 31 |
| | LITERATURA..... | 32 |
| | VIRI..... | 33 |
| | SEZNAM SLIK IN TABEL..... | 34 |
| | SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC | 35 |
| | SEZNAM TUJIH IZRAZOV | 36 |
| | IZJAVA O AVTORSTVU ZAKLJUČNE NALOGE | 37 |

1 UVOD

Pri obvladovanju letala in premikanju skozi zračni prostor vsak pilot, kot svoje najosnovnejše orodje, uporablja svoj vid in občutke svojih ravnotežnih organov. Med letenjem podnevi, v lepem vremenu, ta naloga ne predstavlja nobene večje težave. Položaj letala glede na okoliški teren pilot z lahkoto določi že samo s pogledom iz kabine svoje letalne naprave. Zaradi razvoja letalstva in vedno večje potrebe po letalskih uslugah in transportu dobrin po zraku, pa so letalske posadke, in še posebno piloti, postavljeni pred izziv, kako opravljati svoje poslanstvo tudi v vremenu in pogojih, ko razmere niso idealne. Ob poslabševanju vremenskih razmer in zmanjševanju vidljivosti postaja obvladovanje položaja letala vedno težje opravilo. Pilot se ne more več zanašati le na pogled iz kabine in občutke svojih ravnotežnih organov, temveč postaja vedno bolj odvisen od inštrumentov, ki jih ima v letalu. Zaradi tega je življenjskega pomena, kako si pilot interpretira podatke, ki mu jih glede položaja letala, sporočajo ti inštrumenti. Izsledki raziskave Avstralske agencije za varnost pri letenju (CASA) kažejo, da je povprečna življenjska doba pilota, potem, ko zapelje v oblake, če ni ustrezno usposobljen in izšolan za letenje brez zunanje vidljivosti, 178 sekund (Cummins). Torej življenjska doba, od takrat ko pilot zapelje v oblak, ostane brez vizualne reference s tlemi, izgubi nadzor nad letalom in zapelje v teren, je manj kot tri minute. Zaradi tega je za vsakega pilota, še posebej vojaškega, življenjskega pomena primerno teoretično in praktično šolanje letenja brez zunanje vidljivosti.

1.1 IZHODIŠČE ZAKLJUČNE NALOGE

Priprava za letenje in s tem povezano učenje postopkov za letenje s helikopterjem v pogojih brez zunanje vidljivosti je zelo obširna naloga. Trenutno nimamo primerne literature v slovenskem jeziku, ki bi povezovala temo na način, da pilotu prihrani čas in iskanje v tuji literaturi. Naloga izhaja s stališča, da je potrebno poenotenje frazeologije in postopkov za potrebe osnovnega učenja novih generacij pilotov helikopterjev Slovenske vojske v pogojih brez zunanje vidljivosti. Pomembno izhodišče pa je tudi ozaveščenost civilnih pilotov o nevarnosti letenja v pogojih zmanjšane ali nične vidljivosti.

Eno najodmevnejših tragičnih nesreč letenja v pogojih zmanjšane vidljivosti se je zgodila leta 1999 sinu bivšega ameriškega predsednika Johnu F. Kennedyju Jr. V zadnjih 15 mesecih je na območju v okolici letališča Martha's Vineyard letel okoli 35-krat od tega večkrat ponoči. Na usodni dan so ostali piloti, ki so leteli na tistem območju javljali vidljivost med 4 in 10 miljami. Letalo je na poti proti svoji destinaciji prečkalo okoli 30 milj širok odsek morja nad katerim se je ustvarila meglica. Nad kopnim je letalo letelo horizontalno na višini 5500 čevljev, ko je priletel nad morje je bil pilot zaradi zmanjšane vidljivosti podvržen iluzijam in napačnim interpretacijam instrumentov. Radarski podatki kažejo, da je nad morjem letalo začelo spuščati med 400 in 800 čevlji na minuto. Nekaj milj pred obalo je zavilo v desni spuščajoči zavoju. Letalo se je nehalo spuščati pri 2200 čevljih in se nato dvignilo na 2600 čevljev v levem zavoju. Še nekajkrat se je letalu spremenila smer zavoja nato pa se je začelo strmo spuščati z več kot 4700 čevljev na minuto in strmoglavilo v vodo. Nesreče ni preživel nihče od treh potnikov. Zaključek poročila nesreče krivdo za letalsko nesrečo nalaga pilotu zaradi prostorske dezorientiranosti, ki je nastala kot posledica nenamernega vstopa v pogoje brez zunanje vidljivosti. Zanimiv je podatek, ki izhaja iz raziskave ameriške katedre za nacionalno varnost v transportu (NTSB), ki pravi, da potrebuje usposobljen pilot približno 35 sekund za vzpostavitev popolne kontrole nad zrakoplovom, ki je nenamerno vstopil v pogoje brez zunanje vidljivosti.

Podobnih nesreč je bilo veliko. S pomočjo današnje tehnologije in možnosti izobraževanja preko spleta so preiskave takšnih nesreč vedno dostopne vsem. Dobra predstavitev in obrazložitev letalskih nesreč pa služi kot učno sredstvo in opomin ostalim pilotom.

Osnovno instrumentalno letenje s helikopterjem v pogojih brez zunanje vidljivosti (ang. Attitude flying) se od vizualnega letenja bistveno ne razlikuje, saj so v obeh primerih potrebni enaki odkloni kontrolnih komand za upravljanje helikopterja. V pogojih brez zunanje vidljivosti so naravni horizont in zunanje referenčne točke, ki jih uporabljamo pri vizualnem letenju nadomeščene z instrumenti, kateri omogočajo pilotu predstaviti prostor. Z znanjem, ki ga pilot osvoji pri osnovnem letenju v pogojih brez zunanje vidljivosti pa hkrati omogočamo lažjo tranzicijo in osnovni gradnik pri osvajanju bolj kompleksnih znanj instrumentalnega letenja (FAA 2007). Usposabljanje za letenje v instrumentalnih pogojih kot del usposabljanja za pridobitev licence športnega ali poklicnega pilota ni nikakor mišljeno zato, da bi piloti s športnimi in poklicnimi licencami leteli v instrumentalnih vremenskih pogojih. To usposabljanje je namenjeno temu, da se pilot nauči pravilno ravnati v primeru nenamernega vstopa v območje instrumentalnih razmer in da lahko hitro in varno to območje tudi zapusti.

1.2 NAMEN IN CILJI ZAKLJUČNE NALOGE

Namen zaključne naloge je priprava literature za osnovno letenje s helikopterjem v pogojih brez zunanje vidljivosti za potrebe Letalske šole Slovenske vojske, s katero se olajša priprava pilotu in hkrati postavi skupno izhodišče za pripravo nadaljne literature.

Zaključna naloga povzema tudi potrebno teoretično znanje ter elemente za izvedbo vaje, ki je del integriranega tečaja za pridobitev licence poklicnega pilota helikopterja.

1.3 METODE DELA

Osnovno strokovno literaturo za izdelavo zaključne naloge sem pridobil pri mentorju poročniku Petru Ožura, ki je potrebno usposabljanje že opravil prav tako pa ima opravljeno pooblastilo za instrumentalno letenje na helikopterju. Izvajanje letenja v pogojih brez zunanje vidljivosti pa temelji na Šolskem izobraževalnem priročniku za pridobitev licence poklicnega pilota helikopterja. Iz priročnika sem pridobil opis elementov vaj in osnovno izhodišče za strukturiranje zaključne naloge. V pomoč pri iskanju dodatne strokovne literature pa mi je bil tudi stotnik Andrej Bračun, ki je inštruktor v Letalski šoli Slovenske vojske.

1.4 STRUKTURA ZAKLJUČNE NALOGE

V prvem delu zaključne naloge so predstavljeni instrumenti, njihovo delovanje, napake ter iluzije, ki so povezane z instrumentalnimi meteorološkimi razmerami. V drugem delu zaključne naloge pa je predstavljeno skeniranje in interpretacija instrumentov ter šolanje na helikopterju Bell 206 pri vaji letenje s pokrivalom.

2 LETALSKI INSTRUMENTI

Osnovni letalski instrumenti s katerimi morajo biti opremljeni zrakoplovi:

Za vizualno letenje:

- indikator hitrosti,
- višinomer,
- magnetni kompas.

Za letenje v pogojih brez zunanje vidljivosti:

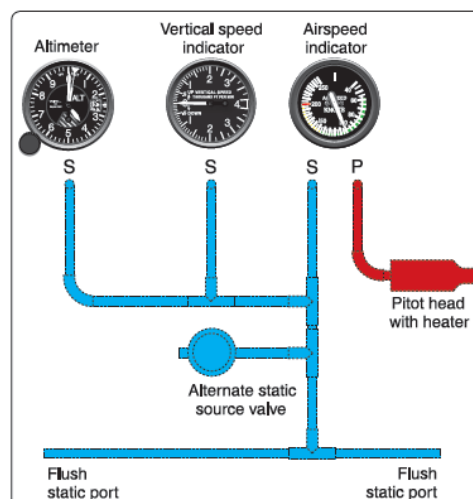
- vsi instrumenti za vizualno letenje,
- žiroskopski indikator hitrosti okoli navpične osi,
- indikator drsenja,
- natančnejši višinomer,
- ura,
- umetni horizont,
- žiroskopski prikaz smeri letenja.

2.1 PITOT – STATIČNI INSTRUMENTI

2.1.1 Delovanje pitot-statičnih sistemov

Osnova za delovanje pitot-statičnih instrumentov (višinomer, indikator hitrosti, ...) je merjenje udarnega in zunanega tlaka. S slike 1 je razvidna shema pitot-statičnega sistema in prikaz mesta uporabe zunanega in udarnega tlaka.

Slika 1: Prikaz pitot-statičnega sistema



Vir: Instrument Flying Handbook

2.1.1.1 Merjenje totalnega (skupnega) tlaka

Pitotski tlak ali totalni tlak je merjen s pomočjo cevi, ki je na eni strani odprta in direktno izpostavljena zračnemu toku tako, da meri relativno gibanje zraka glede na zrakoplov.

2.1.1.2 Merjenje statičnega (zunanjega) tlaka

Statični tlak je ponavadi merjen na boku konstrukcije zrakoplova, kjer je nemoten pretok zraka, lahko pa tudi na robu pitot cevi. Statični odzvem je v obliki luknje, ki je obrnjena prečno glede na smer letenja. Merjenje se vedno opravi na obeh straneh zrakoplova, zaradi preprečevanja napak zaradi bočnega drsenja zrakoplova.

2.1.1.3 Napake pri merjenju

Pri merjenju tlaka se pojavljajo tudi napake.

- položajna napaka, ki se pojavi zaradi položaja odprtine za merjenje tlaka,
- stisljivost zraka: napaka, ki se pojavi pri letenju z večjimi hitrostmi zaradi stisljivosti zraka,
- nestandardna atmosfera: napaka, ki se pojavi zaradi nestandardne atmosfere.

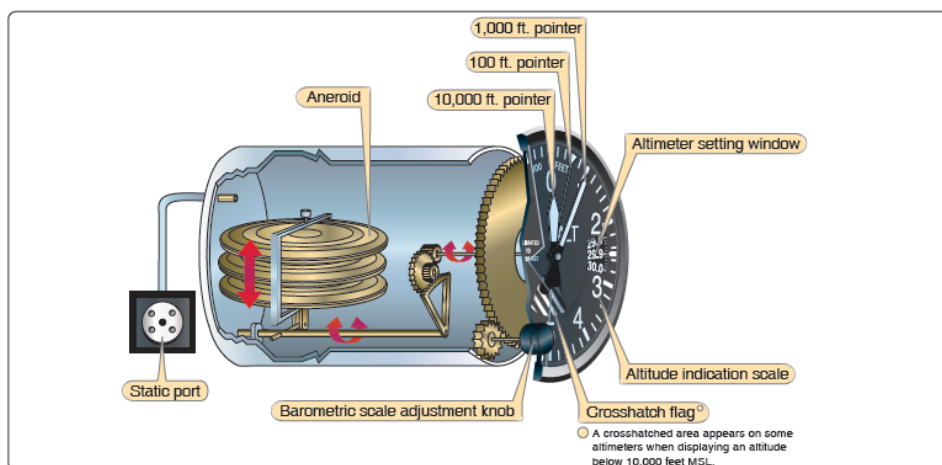
2.1.1.4 Zamašitve odprtín za odjem tlaka

Za preprečitev zamašitev pitot-statičnih odvzemnih mest z ledom so le ta zaščiteni z grelci, ki jih lahko pilot po potrebi vklopi. V primeru zamašitve pitot cevi bi indikator hitrosti pri stalni višini, na kateri se je cev zamašila, ne kazal spremembe hitrosti. Pri višini manjši od višine zamašitve pa bi indikator kazal manjšo hitrost od dejanske in obratno z večanjem višine. V primeru zamašitve statičnih odprtín pa bi indikacija višine ostala na višini, kjer se je odprtina zamašila, indikator vertikalne hitrosti pa bi kazal 0. Indikacija hitrosti na višini zamašitve bi ostala pravilna, na višinah nižjih od višine zamašitve bi indicirana hitrost bila višja od dejanske, na višinah višjih od višine zamašitve pa obratno.

2.1.2 Višinomer

Višinomer ali barometrski višinomer prikazuje višino glede na nastavljeno tlačno ploskev. Tlak odvzema iz prej omenjenega mesta odvzema statičnega tlaka. Večina današnjih višinomerov je tipa aneroidnega barometra, ki je kalibriran na prikaz višine. S slike 2 vidimo kako se s spreminjanjem zunanjega tlaka stiska ali širi hermetično zaprta aneroidna kapsula, ki spremembe tlaka prenaša preko vzvodov in kolesc na indikator višine.

Slika 2: Notranjost višinomera



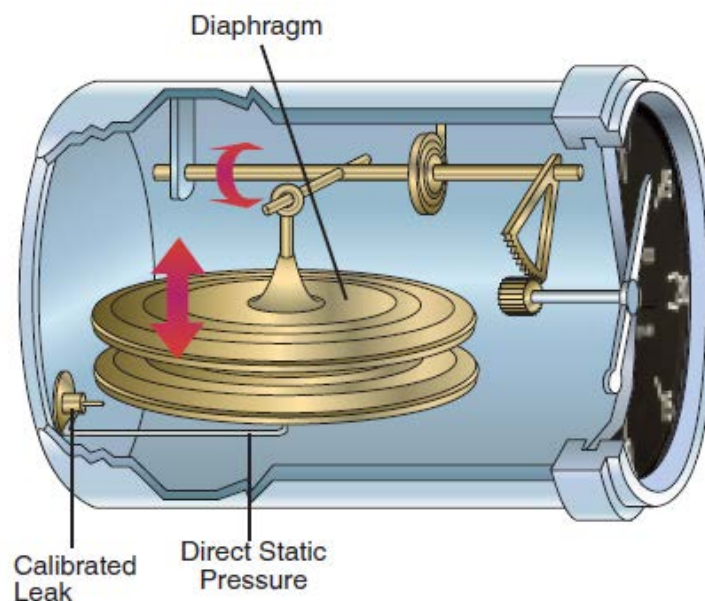
Vir: Instrument Flying Handbook

Za varno letenje moramo poznati tudi napake, ki se lahko pojavijo pri višinomerih, to so lahko instrumentalne in metodične napake. Instrumentalne napake so napake, ki zadevajo predvsem mehansko delovanje sistema in se popravijo s ponovno kalibracijo. Metodične napake pa so napake, ki se pojavljajo zaradi spremembe zračnega tlaka pri daljši letih, kot posledica leta v območje, kjer se spreminja razporeditev visokega in nizkega zračnega pritiska ter napaka zaradi temperature ozračja (SMOLE 18). V primeru hladnejšega zraka od standardnega, je zrak gostejši kar posledično pomeni, da so tlačne ploskve zblížane in je dejanska višina nižja od indicirane. To napako dobro opisuje pregovor »from high to low, look below«, ki se nanaša ravno na let iz območja visokega na območje nizkega tlaka ali temperature. Za varno in pravilno delovanje višinomera med predpoletnim pregledom preverimo, da niso zamašene odprtine za statični odvzem tlaka in nato pred vzletanjem preverimo še, da pri nastavitvi zunanega tlaka na višinomeru instrument dejansko kaže višino vzletišča. Odstopanja do 75 čevljev so sprejemljiva (FAA 2000).

2.1.3 Indikator vertikalne hitrosti

Indikator vertikalne hitrosti meri hitrost dviganja oziroma spuščanja na principu merjenja hitrosti spremembe statičnega tlaka. Indikator na sliki 3 deluje tako, da izmeri statični tlak, ki ga zelo počasi spušča iz instrumenta v primeru spremembe tlaka. Na tak način meri trend spremembe tlaka, ki ga prikaže na indikatorju, v čevljih na minuto ali v vozlih. V primeru spuščanja letala in povečanja statičnega tlaka na aneroid deluje večji tlak, kar privede do odklona kazalca navzdol in pomeni spuščanje. Pri vzdrževanju iste višine pa se nato statični tlak izenači in ponovno kaže 0.

Slika 3: Notranjost indikatorja vertikalne hitrosti



Vir: Instrument Flying Handbook

Indikator ima nekaj sekund zamude vendar še vedno manj kot višinomer in lahko zato malo prej opozori pilota na posledično spremembo višine (FAA 2007). Za zagotovitev varnega in pravilnega delovanja indikatorja vertikalne hitrosti med predpoletnim pregledom preverimo, da niso zamašena mesta za odvzem statičnega tlaka ter, da indikator kaže 0 na tleh in nato pozitivno spremembo pri vzletu (FAA 2000).

2.2 INSTRUMENTI DINAMIČNEGA TLAKA

2.2.1 Indikator hitrosti

Indikator hitrosti meri zračno hitrost zrakoplova, ki jo ponavadi pokaže v vozlih. Indikator zajema tlak tako iz pitot kot tudi statične odprtine. Razlika med pitotskim ali totalnim tlakom in statičnim tlakom je dinamični tlak iz katerega se lahko izračuna hitrost. V indikatorju hitrosti z ene strani vstopa totalni tlak, ki napenja aneroid, z druge strani pa aneroid stiska statični tlak. Večja kot je razlika med totalnim in statičnim tlakom večja je indicirana hitrost zrakoplova. Odčitek hitrosti na instrumenti ni prava hitrost letala glede na okoliški zrak, ampak je hitrost, ki vsebuje določene napake. Glede na kompenzacijo teh napak poznamo več hitrosti:

IAS (indicirana hitrost, direkten odčitek iz instrumenta)

CAS (kalibrirana hitrost) = IAS popravljena za instrumentalno napako

EAS (ekvivalentna hitrost) = CAS popravljena za napako stisljivosti zraka

TAS (prava hitrost) = EAS popravljena za napako nestandardne atmosfere

Za zagotovitev varnega in pravilnega letenja se moramo med predpoletnim pregledom prepričati, da pitot cev, statične odprtine in odprtina za izpust niso zamašene. Pred vzletom mora indikator kazati 0. Pri vzletanju pa spremljamo hitrost spreminjanja indikacije, ki se mora spreminjati s primerno hitrostjo. Zavedati pa se moramo, da so pri helikopterju indikacije hitrosti pri nižjih hitrostih nezanesljive zaradi rotorjevega downwasha (FAA 2000).

Indikator hitrosti pri helikopterju ima kot je razvidno s slike 4 več barvnih polj:

- zeleno polje predstavlja območje normalnega delovanja,
- rdečo črto, ki predstavlja hitrost, katere ne smemo nikoli prekoračiti, saj lahko pride do poškodb konstrukcije,
- modro črto, ki predstavlja maksimalno varno hitrost pri avtorotaciji.

Slika 4: Indikator hitrosti pri helikopterju



Vir: Helicopter Flying Handbook

2.3 ŽIROSKOPSKI INSTRUMENTI

Za letenje v pogojih brez zunanje vidljivosti so potrebni trije žiroskopski instrumenti.

- umetni horizont,
- indikator zavoja,
- indikator smeri.

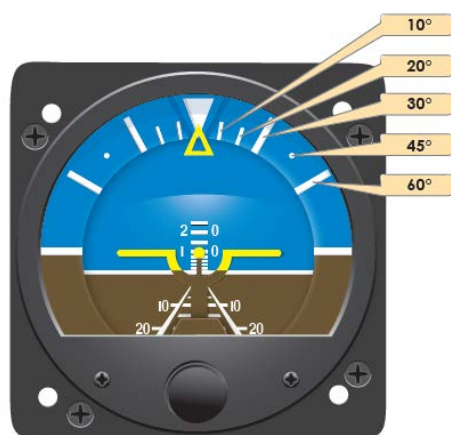
Žiroskopski instrumenti izkoriščajo dve fizikalni lastnosti za svoje delovanje, to sta vztrajnost in precesija. Vztrajnost je pojav pri katerem vrteča masa v prostoru ohranja svoj položaj in se pojavi pri vrtenju pri večjih hitrostih. To lastnost izkoriščata umetni horizont in indikator smeri. S premikanjem zrakoplova kažeta odklone, ki jih povzročata spreminjanje položaja glede na fiksni žiroskop. Indikator zavoja pa izkorišča fizikalno lastnost precesije. Precesija je pojav, ki nastane zaradi vrtenja zrakoplova okoli ene ali več osi. Vrtenje ustvari na žiroskop pritisk, ki zato odkloni žiroskop 90° kasneje v smeri vrtenja (FAA 2000).

Žiroskopski instrumenti uporabljeni v helikopterjih so ponavadi gnani električno, vendar so lahko tudi pnevmatski. Neodvisno od izvedbe sistema pa proizvajalec vedno zagotavlja, da je iz instrumentov možno razbrati vse potrebne podatke za letenje tudi v primeru odpovedi enega od instrumentov. Za dodatno varnost pa je poskrbljeno tudi s pomočjo ločenih sistemov napajanja za vsak instrument za vsakega člana posadke.

2.3.1 Umetni horizont

Umetni horizont je instrument, ki prikazuje nastavljeno ravnino zaradi vztrajnosti žiroskopa. Umetni horizont je substitucija za naravni horizont, saj nam kaže spremembe po višini in nagibu. Na instrumentu so, kot je razvidno iz slike 5, ob robu označeni nagibi 10°, 20°, 30°, 45° in 60°, v sredini pa so označeni koti vzdolžne osi zrakoplova glede na horizont. Umetni horizont ima v ohišju disk, ki se vrti v ravnini naravnega horizonta. Ob premikanju zrakoplova ostane rotirajoč disk fiksni glede na referenčno ravnino, kar pomeni, da se ohišje in zrakoplov premikata okoli žiroskopa.

Slika 5: Umetni horizont



Vir: Instrument Flying Handbook

V primeru napak pri napajanju z elektriko ali pnevmatskim sistemom se na robu instrumenta spusti rdeča zastavica, vendar pa v obratnem primeru, ko zastavica ni vidna, to ne pomeni nujno, da instrument deluje pravilno (FAA 2007).

2.3.2 Indikator smeri

Najbolj osnoven indikator smeri v zrakoplovu je magnetni kompas, vendar ga kljub njegovi zanesljivosti danes ne uporabljamo kot primarni instrument za določanje smeri. Magnetni kompas ima veliko metodičnih napak in je zato uporabljen samo kot rezervni instrument in kot instrument za kontrolo žiroskopskega kompasa. Delovanje je v osnovi zelo podobno delovanju umetnega horizonta (FAA 2007).

Poznamo dva tipa žiroskopskih kompasov:

- prosti žiroskopski kompas ali žirodirekcional,
- podrejeni žiroskopski kompas ali žiromagnetni kompas.

Prosti žiroskopski kompas je ročno nastavljiv kompas, ki se nastavi tako, da zrakoplov letimo v horizontalnem nepospešenem letu in ga zavrtimo v isto smer kot jo v takem letu kaže magnetni kompas. Na sliki 6 je prikazan žirodirekcional, ki ima v spodnjem levem kotu gumb za ročno nastavitev smeri. Med letom je potrebno redno preverjati pravilnost kazanja žiroskopskega kompasa, saj se zaradi vrtenja zemlje in ostalih napak pojavi napaka v indikaciji. Prednost podrejenega kompasa pa je v njegovi sposobnosti določitve severa s pomočjo dalinskega indukcijskega dajalca. Zaradi svoje neodvisnosti pilotu zelo olajša delo v kabini.

Slika 6: Žirodirekcional



Vir: Instrument Flying Handbook

2.3.3 Indikator zavoja

Indikatorji zavoja so žiroskopski instrumenti, ki za razliko od umetnega horizonta in indikatorja smeri delujejo na principu precesije.

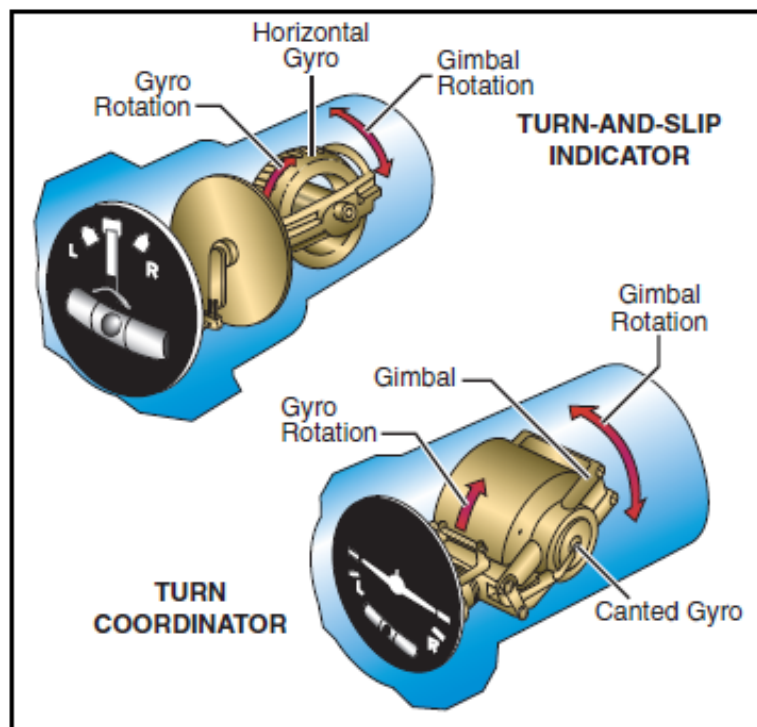
Poznamo dva tipa indikatorjev zavoja (prikazana na sliki 7):

- starejši indikator zavoja in drsenja,
- novejši koordinator zavoja.

Indikator zavoja meri kotno hitrost okoli navpične osi zrakoplova medtem, ko indikator drsenja kaže odnos med nagibom in kotno hitrostjo okoli navpične osi s pomočjo kroglice v zakrivljeni cevki. Indikator zavoja navkljub velikokrat zmotnemu mnenju ne meri nagiba zavoja. S pomočjo metlice, ki se odkloni pokaže kdaj je zrakoplov v standardnem zavoju s kotno hitrostjo 3° na sekundo.

Koordinator zavoja pa je instrument, ki poleg lastnosti, ki jih ima indikator zavoja in drsenja pokriva tudi tendenco nagiba. To ne pomeni, da instrument kaže nagib, ampak, da instrument na začetku pokaže smer nagiba in nato kotno hitrost okoli navpične osi. Koordinator zavoja ima namesto metlice za določanje standardnega zavoja sliko letala iz hrbtne smeri, kateremu se nagibajo krila.

Slika 7: Indikator zavoja in drsenja in koordinator zavoja



Vir: Rotorcraft Flying Handbook

Za zagotovitev varnega in pravilnega letenja med predpoletnim pregledom preverimo, da je indikator drsenja napolnjen s tekočino, da nima v sebi zračnih mehurčkov prav tako pa preverimo, da kroglica miruje na sredini indikatorja.

Vsi žiroskopski instrumenti morajo imeti prikazano indikacijo za ugasnjen instrument. Po vklopu glavnega stikala zrakoplova moramo slišati zaganjanje žiroskopov in prav tako pa ne smemo več videti indikatorjev, ki prikazujejo nedelovanje posameznih instrumentov (FAA 2000). Pred vzletom je pomembno, da nastavimo žirodirekcional, katerega delovanje poleg ostalih instrumentov preverimo takoj po vzletu.

3 PROSTORSKA DEZORIENTIRANOST

Prostorska dezorientiranost pomeni izgubo orientacije glede na prostor in na predmete v prostoru. Pri letenju pa prostorska dezorientiranost pomeni nezmožnost pravilne interpretacije položaja zrakoplova glede na zemljo in predmete v prostoru. Prostorska dezorientiranost je zelo pogost pojav pri letenju in je danes po raziskavah Austria Metal Systemtechnik (AMST) dejavnik, ki prispeva k približno 20% letalskih nesreč (AMST 2008).

Pri vizualnem letenju piloti za ohranjanje prostorske orientacije uporabljajo:

- oči,
- ušesa (ravnotežje),
- občutek relativnega gibanja.

Okoli petine informacij je pridobljenih s pomočjo ušes in občutka za relativno gibanje, ostale informacije pa so pridobljene preko pilotovih oči. V pogojih otežene zunanje vidljivosti ali v pogojih brez zunanje vidljivosti pa se pilot ne sme zanesti na občutek ravnotežja in občutek relativnega gibanja. Če se pilot v pogojih brez zunanje vidljivosti zanaša na svoje občutke pride do iluzij prostorske dezorientacije. Ponavadi pilot niti ne ve, da je izgubil prostorsko orientacijo in zato tem občutkom in iluzijam še vedno zaupa (AMST 2008).

Poznamo več vrst iluzij prostorske dezorientiranosti:

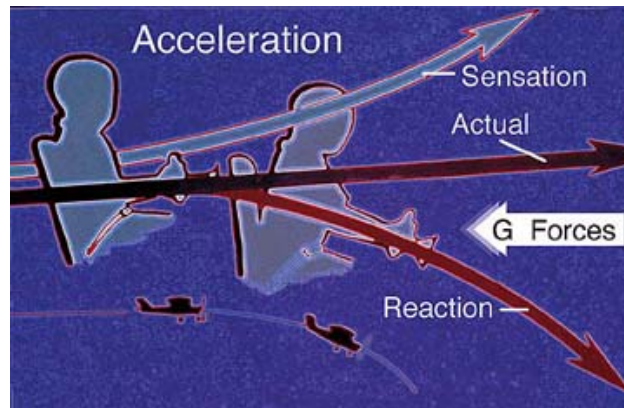
- somatogravične,
- somatogirne,
- okulogiralne,
- Coriolisove,
- avtokinetične iluzije,
- iluzije vzletno pristajalne steze,
- iluzije napačnega horizonta,
- globinsko-višinske iluzije.

Omeniti velja, da je trening prostorske orientacije in človeških faktorjev zelo pomemben del usposabljanja vsakega pilota, saj z vajo pilot kasneje lažje prepozna iluzije in druge senzorične občutke. Pogosto je vpliv človeških faktorjev pri usposabljanju pri civilnem nekomercialnem letenju zelo zanemaren, včasih pa iz strani pilotov tudi zaničevan.

3.1 SOMATOGRAVIČNA ILUZIJA

Somatogravična iluzija je napačno interpretiranje položaja zaradi moči in smeri pospeška, ki je drugačen od gravitacijskega pospeška zemlje. Pilot občuti rezultanto dejanske sile teže in pospeška letala kot navidezno silo teže. Pri hitrih pozitivnih pospeških v horizontalni smeri lahko pilot občuti spremembo položaja iz horizontalnega leta v vzpenjanje, kar pilot zaradi iluzije nato popravi tako, da potisne nos zrakoplova proti tlem. Ravno obratno pa je pri hitrem ustavljanju, saj pilot misli, da je nos zrakoplova prenizko in ga zato želi dvigniti, kar lahko posledično privede do zloma vzgona. Somatogravična iluzija je še posebej nevarna pri vzletu v vremenu z nizko bazo oblačnosti, kjer letalo kmalu vstopi v pogoje brez zunanje vidljivosti. Hitro pospeševanje pri vzletu pilot občuti kot prevelik kot vzdolžne osi zrakoplova glede na horizont in želi zato ta kot znižati. Z nižanjem nosu glede na horizont lahko pilot zrakoplov prisili k trku s tlemi (AMST 2008).

Slika 8: Nastanek somatogravične iluzije

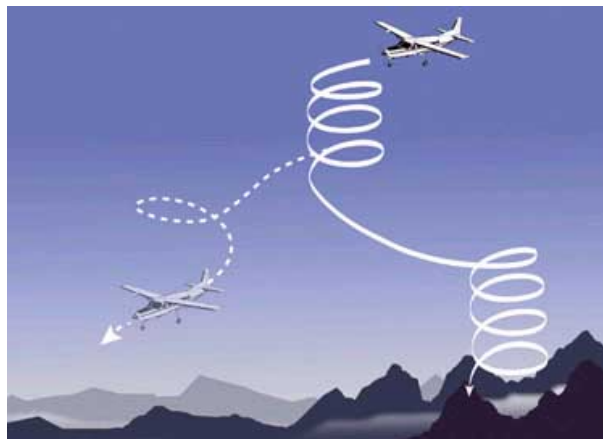


Vir: aviationknowledge.wikidot.com

3.2 SOMATOGIRNA ILUZIJA

Somatogiralna iluzija je lažen občutek rotacije zaradi predhodnega nepravilnega zaznavanja rotacijskega gibanja s konstantno kotno hitrostjo. Do nepravilnega zaznavanja rotacije pride, ker polkrožni kanal v ušesu zaznava spremembe pospeškov, ki pa v ustaljenem zavoju niso prisotne. Pri časovno dlje trajajočih manevrih dobi pilot občutek rotacije samo na začetku manevra, dokler se še spreminja kotna hitrost. Ob ustalitvi kotne hitrosti pa pilot počasi izgubi občutek rotiranja, ki se vrne pri izhodu iz manevra in sicer v nasprotno stran. Pilot zaradi iluzije rotacije v nasprotno stran to nemudoma popravi in se tako vrne v pozicijo začetne rotacije, ki je nemalokrat usodna in se konča v strmem spuščanju. Za preprečevanje somatogirne iluzije je zelo pomembno zaupanje v letalske instrumente (AMST 2008).

Slika 9: Nadaljevanje rotacije pri somatogirni iluziji



Vir: www.pilotfriend.com

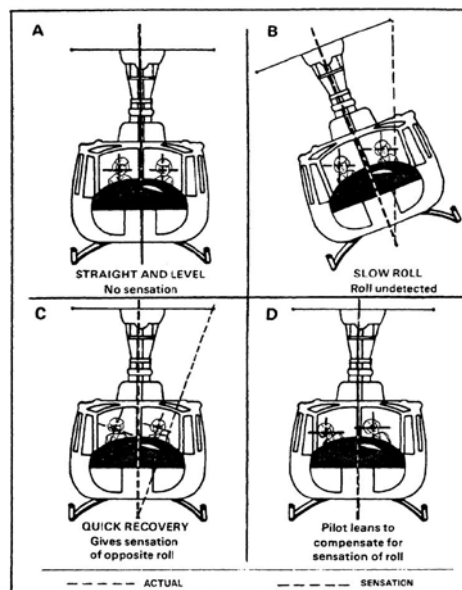
3.3 OKULOGIRALNA ILUZIJA

Okulogiralna iluzija je lažen občutek gibanja mirujočih predmetov v prostoru, zaradi draženja polkrožnih kanalov v rotacijskem gibanju. Občutek nastane zaradi hitrega nehotenega gibanja oči, ki sprožijo iluzijo relativnega premikanja predmeta glede na pilota (AMST 2008).

3.4 ILUZIJA NAGIBA

Iluzija nagiba je v letalstvu najbolj pogosta prostorska dezorientacija, ki nastane zaradi napačne interpretacije nagiba zrakoplova. Zrakoplov je možno postaviti v nagib tako počasi, da človeško telo niti ne zazna spremembe, pogosto pa se potreben začetni nagib pojavi zaradi zunanjih vplivov (slika 10 B). Za sprožitev iluzije je potrebno zrakoplov postaviti nazaj v breznagibni položaj (slika 10 C), kar sproži pri pilotu občutek nagiba v nasprotno smer. Iluzija nagiba sili pilota k vrnitvi v prvotno stanje, kar posledično pomeni, da se pilot v ravnem letu nagiba s telesom (slika 10 D) proti smeri začetnega nagiba. Senzacija traja nekaj minut, vendar lahko včasih traja tudi do ene ure (AMST 2008).

Slika 10: Iluzija nagiba



Vir: www.armyaviation.com

3.5 NISTAGMUS

Nistagmus je tipičen simptom vrtoglavice pri katerem gre za hitro premikanje očesnih zrkel, ki je posledica trajne stimulacije polkrožnih kanalov zaradi rotacijskega gibanja. Nistagmus je naravni odziv telesa. Z njim telo stabilizira sliko zunanjega sveta, saj želi preprečiti možno porušitev ravnotežja. V primeru premikanja glave se oči obračajo v nasprotno smer zaradi prej omenjene stabilizacije slike. Kompenzacija premikov glave se odvija samo na začetku, kasneje pa se stabilizacija upočasni, kar privede do težav z vidom (AMST 2008).

3.6 CORIOLISOVA ILUZIJA IN AVTOKINEZA

Coriolisova iluzija nastane med zavijanjem zrakoplova takrat, ko pilot obrne glavo iz smeri rotacije. Največkrat pride do Coriolisove iluzije med zavijanjem v pogojih brez zunanje vidljivosti, ko pilot nastavlja frekvenco na radiu ali dalj časa gleda v instrumente na drugi strani kabine. Po pogledu nazaj v smer gibanja pilot zaradi pomanjkanja vizualnih referenc občuti močan občutek gibanja v drugo smer od dejanskega gibanja. Zelo pomembno je, da se pilot nauči skeniranja z minimalnimi premiki glave že na začetku kariere, saj tako prepreči nastanek Coriolisove iluzije (AMST 2008).

Avtokineza je iluzija, ki se ponavadi pojavi ponoči, kjer se zaradi temnega ozadja premika mirujoča luč. Pilot zaradi iluzije stalno popravlja nastavitve režima, saj ima občutek stalnega relativnega premikanja glede na luč (AMST 2008).

3.7 ILUZIJA NAPAČNEGA HORIZONTA

Iluzija napačnega horizonta nastane zaradi slabih pogojev vidljivosti, ko pilot zamenja zgornjo ali spodnjo mejo oblačnosti za naravni horizont. Iluzija nastane, ker pilot kljub oteženim razmeram še vedno uporablja vizualne reference za letenje (ASTM 2008).

4 SKENIRANJE IN INTERPRETACIJA INSTRUMENTOV

Letenje helikopterja s pomočjo instrumentov je v prvi vrsti odvisno od pravilnega skeniranja in interpretiranja instrumentov.

S pomočjo logičnega skeniranja instrumentov dobiva pilot:

- položajne podatke,
- podatke o nastavljeni moči,
- podatke o delovanju helikopterja.

Prva prioriteta pri letenju v pogojih brez zunanje vidljivosti je zdravo in smiselno razmišljanje nato pa še zelo razširjen rek, ki pravi, da daje položaj helikopterja seštet z nastavljeno močjo, režim letenja helikopterja (Ristič).

4.1 POSTOPKI PRI SKENIRANJU

Pri pilotih začetnikih se velikokrat pojavlja napaka, da prehitro preverjajo instrumente ali pa fokusirajo pogled na en instrument. Oba načina skeniranja instrumentov vodita do napačnega interpretiranja in posledično nepotrebnih odklonov komand zaradi popravljanja položaja helikopterja. Umetni horizont je edini instrument v katerega je za pilota strmenje sprejemljivo (FAA 2007).

Osnova pravilnega skeniranja so tehnike skeniranja, ki pilota učijo reda in discipline v kabini. S pomočjo tehnik skeniranja se pilot navadi pregledovati instrumente po določenemu vzorcu, ki mu kasneje olajša delo.

Poznamo več tehnik skeniranja vendar v Letalski šoli uporabljamo predvsem dve preverjeni tehniki skeniranja:

- glasbeno skeniranje,
- krožno skeniranje.

Glasbeno skeniranje je tehnika s katero pilot skenira instrumente med izvajanjem obrnjenega V. Izvaja se v obliki štetja ritma v glasbeni šoli. Pilot si predstavlja, da sta spodnja instrumenta obrnjenega V, »ena« ter »dva«, umetni horizont pa »in«. V počasnem ritmu nato skenira instrumente pri tem pa šteje: »in ena in dva in ena in...«. Zelo pomembno pri tej tehniki je, da oči dejansko sledijo ritmu, ki ga šteje.

Druga tehnika je krožno skeniranje, katere že samo ime pove, da pilot kroži s pogledom od instrumenta do instrumenta, po pregledu vseh instrumentov pa se spet vrne na začetek. Ta tehnika je dosti manj utrujajoča kot glasbeno skeniranje in se uporablja takrat, ko pilot ne spreminja položaja in moči helikopterja (Ristič).

Pravilno postopanje pri skeniranju se začne z zgoraj že omenjeno frazo:

- položaj + nastavljena moč = režim letenja.

4.1.1 Prvi korak in drugi korak

Prvi korak je:

- nastavitev položaja po umetnem horizontu,
- približna nastavitev moči za željeni režim,
- trimanje.

Drugi korak pa je:

- fina nastavitev željenega režima s pomočjo tehnike imenovane obrnjeni V.

Slika 11: Prikaz uporabe obrnjenega V



Vir: www.faasafety.gov

Ime za obrnjeni V izhaja iz klasične postavitve instrumentov (slika 11), kjer umetni horizont, indikator vertikalne hitrosti in koordinator zavoja tvorijo obrnjeni V. Zelo pomembno pri samem skeniraju instrumentov je poznavanje informacij, ki jih prikazuje vsak instrument.

Umetni horizont prikazuje:

- vertikalni položaj nosu glede na horizont,
- smer nagiba,
- kot nagiba.

Indikator vertikalne hitrosti prikazuje:

- trend vzpenjanja ali spuščanja – položaj nosu zrakoplova,
- vrednost vzpenjanja ali spuščanja.

Koordinator zavoja pokaže:

- trend nagiba,
- rotacijo okoli navpične osi,
- drsenje oziroma koordiniranost zavoja.

Pilot se mora zavedati, da se v primeru zavijanja indikacija koordinatorja zavoja pojavi pred indikacijo žirodirekcionala. Prav tako pa se indikacija vzpenjanja ali spuščanja na indikatorju vertikalne hitrosti pojavi pred indikacijo na višinomeru. V kolikor pilot ve kateri instrumenti hitreje zaznavajo spremembe, me le to omogoča hitrejše prepoznavanje trendov, še posebej v primeru, ko se spreminja več osi helikopterja hkrati.

Obrnjeni V je skupina instrumentov, ki pilotu dajejo veliko mero samozavesti pri letenju. Pilot se mora zavedati, da pri drugem koraku niso pomembni kvantitativni podatki temveč kvalitativni. Pilot se osredotoči na prepoznavanje in popravljanje trendov kot so vzpenjanje, spuščanje, blagi zavoj, ostrí zavoj ter različne kombinacije naštetih trendov in se ne obremenjuje z natančnimi vrednostmi na instrumentih (Ristič).

4.1.1.1 *Trikotnik zaupanja*

Med letenjem pilot skenira instrumente s predpostavko, da ti kažejo pravilno. Vsake toliko časa mora pilot preveriti pravilno delovanje instrumentov glede na druge instrumente. S preverjanjem si ustvari zaupanje v instrumente in zagotovi lastno varnost.

Preverjanje napravi s pomočjo pravila imenovanega trikotnik zaupanja. Pravilo pravi, da je v primeru, ko eden izmed treh neodvisnih virov daje drugačne informacije kot ostala dva, ta vir nezanesljiv.

Trikotnik nagiba je sestavljen iz:

- umetnega horizonta,
- koordinatorja zavoja,
- magnetnega kompasa.

Trikotnik vertikalnega položaja nosu sestavlja:

- umetni horizont,
- višinomer,
- indikator vertikalne hitrosti.

V primeru, da pride do odstopanj med instrumenti pilot preveri kateri instrument kaže drugače od drugih dveh in ga izloči. Pri izločanju mora biti zelo pozoren, da je med preverjanjem dejansko primerjal tri neodvisne, različno gnane instrumente. V nasprotnem primeru se lahko zgodi, da izloči funkcionalen instrument.

Primer:

- vakumsko gnani umetni horizont kaže levi nagib,
- električno gnani koordinator zavoja kaže desni zavoj,
- magnetni kompas kaže desni zavoj.

Po pravilu lahko pilot izloči umetni horizont. Sklepa lahko, da je prišlo do okvare instrumenta ali gonilnega sistema. Zavedati se mora, da je možna nezanesljiva indikacija tudi v drugih vakumsko gnanih instrumentih.

V helikopterju Bell 206, kjer je umetni horizont gnan električno pa je postopek preverjanja drugačen. Ker je umetni horizont prav tako gnan električno, to pomeni, da trije instrumenti v trikotniku nagiba niso neodvisni. Za takšne primere je pilotu v helikopterju Bell 206 na voljo še pomožni umetni horizont, ki se uporablja za preverjanje indikacije in v primeru odpovedi glavnega umetnega horizonta. Zelo podobno razmišljanje bi pilot uporabil tudi pri trikotniku vzpenjanja ali spuščanja.

Prioritetno popravljanje napak je popravljanje s pomočjo trikotnika nagiba, saj je nestabilnost, ki izhaja iz nagiba nevarnejša, ker nagibu vedno sledi še padec nosu, ki lahko v primeru nepazljivosti pilota privede v spiralno letenje (Ristič).

Pri uporabi trikotnikov znanja v primeru odstopanj od željenega položaja velja uporabiti opozorilo, da pilot:

- najprej preveri delovanje instrumentov,
- medtem ne premika komand – ne želi poslabšati situacije,
- šele nato primerno ukrepa.

4.1.2 Tretji korak

Tretji korak pa vsebuje preverjanje kvantitativnih podatkov, ki jih pilotu dajejo instrumenti. V tem koraku se bolj natančno nastavljajo vrednosti na instrumentih glede na primarne indikatorje položaja helikopterja. Uporablja se glasbeno skeniranje potrebnih instrumentov, kot je to prikazano na sliki 12. Pogosta napaka pri tem koraku je pilotovo prepričanje, da so številke primarnega pomena. Številke so v tem primeru terciarnega pomena, saj pilot samo preverja in fino nastavlja vrednosti katere je v drugem koraku grobo nastavil. V kolikor nastavitve preveč odstopajo od željenih se lahko pilot vrne na prvi korak, če želi nastaviti položaj in moč ali pa na drugi korak, kadar želi nastaviti oziroma ustaviti trend gibanja in verificirati trenutno stanje.

Slika 12: Prikaz glasbenega skeniranja v tretjem koraku



Vir: flighttraining.aopa.org

V tabeli 1 so predstavljeni instrumenti, ki so primarni nosilci podatkov:

- vertikalnega položaja nosu helikopterja glede na horizont,
- nagiba
- moči

v določenem režimu (Ristič).

Tabela 1: Primarni nosilci podatkov v določenem režimu

| REŽIM | POLOŽAJ NOSU | NAGIB | POWER |
|----------------------|--------------------|------------------|-------------------------------|
| Horizontalen let | Indikator hitrosti | Indikator smeri | Višinomer |
| Horizontalen zavo | Indikator hitrosti | Indikator zavoja | Višinomer |
| Vzpenjanje/spuščanje | Indikator hitrosti | Indikator smeri | Indikator vertikalne hitrosti |
| Vzpen/Spušč v zavoju | Indikator hitrosti | Indikator zavoja | Indikator vertikalne hitrosti |

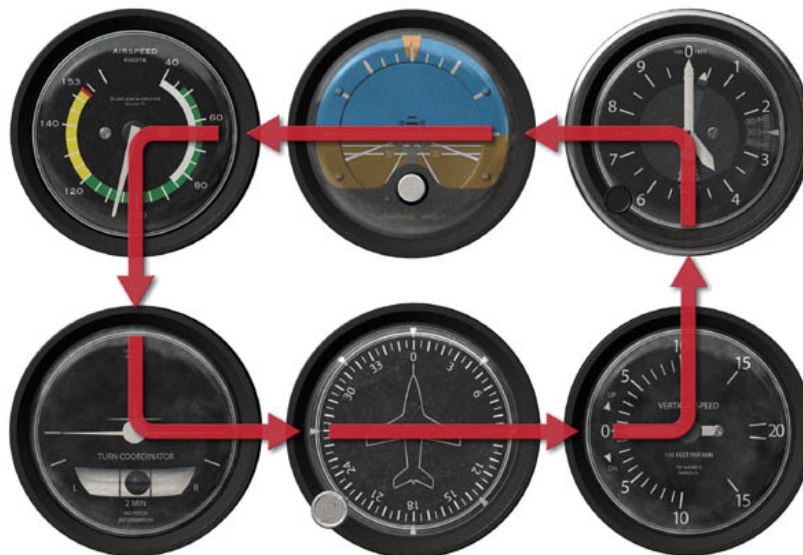
Vir: Aleš G. Ristič

4.1.3 Četrti korak

Do četrtega koraka potrebuje pilot nekje 15 sekund, povprečno 5 sekund na korak. V četrtem koraku zamenja glasbeno skeniranje s krožnim skeniranjem (slika 13). Pri krožnem skeniranju pilot odstranjuje nepotrebna odstopanja in zadržuje fino nastavljen režim zato, da postane letenje manj utrujajoče. Vsak pilot se mora zavedati, da velikokrat niti ni možno priti do četrtega koraka, saj lahko na primer zaradi zunanjih vplivov turbulence ali novih navodil kontrole letenja pride do sprememb nastavitvev in položaja. Takšne spremembe pomenijo konstantno vračanje nazaj na prvi korak.

Pri letenju v pogojih brez zunanje vidljivosti je zelo pomembna pravilna organizacija in disciplina dela v kabini, saj lahko v nasprotnem primeru hitro pride do prekomerne količine nalog. Priporočeno je, da pilot opravlja vse dodatne naloge v četrtem koraku, saj pri ostalih korakih ni dovolj časa za nastavljanje frekvenc, navigacijsko računanje in podobno. Pri opravljanju dodatnih nalog je pomembno, da pilot vedno preveri umetni horizont predno pogleda stran od instrumentov in ga vmes tudi preverja (Ristič).

Slika 13: Krožno skeniranje



Vir: flighttraining.aopa.org

5 KRMARLJIVOST HELIKOPTERJA

Osnova za ohranjanje položaja helikopterja v pogojih zmanjšane vidljivosti je pravilna tehnika skeniranja instrumentov. V kolikor je pilotova interpretacija instrumentov napačna lahko z napačnimi odkloni komand izgubi kontrolo nad helikopterjem. Za pravilno nastavitve režima letenja in hitrejše delo v kabini je zelo pomembno, da pilot pozna okvirne parametre za vsak režim.

Med letenjem se pojavljajo tudi odstopanja od željenih nastavitve bodisi zaradi vremenskih ali človeških vplivov.

Vsa odstopanja pilot popravlja v treh korakih:

- ustavi gibanje,
- doda komande potrebne za popravek
- stabilizira helikopter v željenem položaju.

Poudariti velja, da pri opisovanju krmarljivosti izhajajo reakcije helikopterja iz predpostavke, da pilot uporablja helikopter z levo sučnim glavnim rotorjem.

5.1 REŽIM HORIZONTALNEGA LETA

Pri režimu horizontalnega leta pilot zadržuje željeno višino, smer in določeno hitrost.

5.1.1 Položaj nosu helikopterja pri horizontalnem letu

Vertikalni položaj nosu helikopterja (ang. Pitch attitude) je kot vzdolžne osi helikopterja glede na naravni horizont. Med letom v režimu horizontalnega leta se ta kot nastavlja s pomočjo umetnega horizonta. Položaj nosu, ki je potreben za horizontalni let ni vedno enak, saj se spreminja s hitrostjo in položajem masnega središča.

Umetni horizont daje pilotu neposredno informacijo o položaju nosu helikopterja glede na horizont. S pomočjo ciklične komande pilot dviguje in spušča nos helikopterja toliko, kolikor je potrebno, da ustavi in popravimo nastala odstopanja od željenega položaja.

Za popravljanje odstopanj položaja nosu na umetnem horizontu nastavimo spremembo ene debeline črtice, ki označuje zrakoplov. Ta sprememba je ponavadi dovolj za ustavitve in popravek deviacij nastalih med horizontalnim letenjem. V kolikor odklon ene črtice ni dovolj lahko dodamo največ še polovico debeline črtice. Zavedati se moramo, da se indikacija pojavi malo zakasnjeno, vendar ne zaradi zakasnitve instrumenta, temveč zaradi zakasnitve reagiranja helikopterja na komande (FAA 2007).

Bistvo letenja po umetnem horizontu je v malih spremembah, katerim nato sledi pregled ostalih instrumentov za kontrolo pravilnosti popravljanja. Odstopanja do 100 čevljev in 10 vozlov pri horizontalnem letenju se popravljajo s pomočjo ciklične komande, pri večjih odklonih višine in hitrosti pa pilot ponovno nastavi moč in položaj nosu. Prek hitrosti spremembe višine lahko pilot oceni kolikšne odklone komand potrebuje za vzpostavitev horizontalnega leta. Zelo pomembno je, da pri spreminjanju nastavitve uporablja male odklone komand, saj si tako zagotovi dovolj časa za spremljanje željenih sprememb (FAA 2000).

S pomočjo višinomera lahko pilot ugotavlja:

- trende spreminjanja višine,
- hitrost spreminjanja višine,
- posredno pa tudi položaj nosu glede na horizont.

S pomočjo indikatorja vertikalne hitrosti pilot ugotavlja:

- vzpenjanje/spuščanje,
- posredno pa tudi položaj nosu helikopterja.

Pri malih odstopanjih in pravočasnih popravkih se višina skoraj ne spremeni. Zavedati se moramo, da tako kot vsi instrumenti indikator vertikalne hitrosti zamuja z indikacijo. S počasnimi in malimi odkloni komand je možno zamujanje indikacije zmanjšati (FAA 2007).

5.1.2 Nagib

Nagib je kot, ki ga oklepa prečna os zrakoplova z naravnim horizontom. Za horizontalno letenje v koordiniranem letu mora biti prečna os vzporedna z naravnim horizontom, saj odstopanje od vzporednosti privede do zavoja (FAA 2007).

Umetni horizont je instrument, ki daje pilotu neposredno informacijo o nagibu helikopterja. Spremembe nagiba se pokažejo na umetnem horizontu kot nagib kril malega letala, ki je v instrumentu. Za pravilno predstavbo nagiba si mora pilot predstavljati, da je v malem letalu.

Informacije o nagibu helikopterja dobi pilot tudi iz indikatorja smeri, saj helikopter, ki ima v koordiniranem letu prečno os poravnano s horizontom ne zavija po smeri. V kolikor se vrednosti na indikatorju smeri spreminjajo pa lahko logično zaključimo, da ima pilot v to smer nagnjen helikopter. Pri počasnih spremembah smeri ima helikopter mali nagib in večji nagib pri hitrih spremembah. Pri spremembah smeri, za odpravo zavijanja pilot uporabi ciklično komando v nasprotno smer zavijanja. Helikopter poravna tako, da se usmeri v željeno smer in da je medtem kroglica indikatorja drsenja v sredini. S podobno logiko interpretira tudi kazanje indikatorja zavoja (FAA 2007).

Pogoste napake, ki se pojavljajo pri horizontalnem letu so:

- nezmožnost zadrževanja višine,
- smeri,
- pregrobo popravljjanje napak,
- napačna uporaba nožnih komand,
- napačno skeniranje vseh instrumentov na voljo.

5.1.3 Nastavitev moči pri režimu horizontalnega leta

Nastavitev moči je tesno povezana z željenim režimom leta. Pri helikopterju pilot nastavi moč s položajem kolektivne komande. Pri različnih danih hitrostih je moč tista, ki določa režim vzpenjanja, spuščanja in horizontalnega leta. V primeru, ko pilot kakorkoli spremeni moč motorja pri isti hitrosti se helikopter temu primerno odzove. Pri povečani moči se začne vzpenjati, pri zmanjšani moči pa spuščati.

Zelo pomembna fizikalna lastnost, ki spremlja letenje je tretji Newtonov zakon, ki govori o akciji in s tem izzvani reakciji. Pri povečevanju moči motorja se zaradi povečanega momenta

motorja nos helikopterja obrne v desno okoli navpične osi. Pri zmanjševanju moči pa pride do obratnega efekta. Te momente v helikopterju pilot izniči s pomočjo nožnih komand.

Pri letenju mnogokrat pilot želi držati določeno višino, kar posledično pomeni, da je hitrost odvisna od nastavitve moči. S povečanjem moči pilot nastavi nižji položaj nosu in večjo hitrost zato, da obdrži isto višino. Popolnoma enako razmišljanje je primerno tudi v primeru zmanjšanja moči.

Včasih pa lahko pilot odstopanja popravlja brez spremembe moči. V primeru, ko je hitrost helikopterja prenizka, višina pa previsoka je včasih dovolj samo sprememba položaja nosu. (FAA 2007).

Primarni instrumenti:

- višinomer - moč,
- indikator smeri - nagib,
- indikator hitrosti - položaj nosu glede na horizont.

Podporni instrumenti:

- indikator vertikalne hitrosti - položaj nosu glede na horizont,
- koordinator zavoja - nagib,
- umetni horizont - položaj nosu glede na horizont in nagib,

Pogoste napake med spreminjanjem hitrosti na helikopterju so:

- napačna uporaba moči,
- prekomerno popravljanje položaja nosu,
- nezmožnost zadrževanja višine,
- nezmožnost zadrževanja smeri,
- nepravilna uporaba nožnih komand (FAA 2000).

5.2 REŽIM VZPENJANJA

Pri letenju v pogojih brez zunanje vidljivosti poznamo:

- vzpenjanje s konstantno progresivno hitrostjo,
- vzpenjanje s konstantno vertikalno hitrostjo.

Obema je skupno nastavljanje režima, ki se idealno izvede tako, da pilot najprej nastavi položaj helikopterja za vzpenjanje, poveča moč in nato kompenzira momentom z nožnimi komandami.

Režim vzpenjanja s konstantno progresivno hitrostjo pilot ponavadi začne pri hitrosti, ki je večja kot bo hitrost pri vzpenjanju. Za primer si vzamemo helikopter katerega hitrost je 90 vozlov v horizontalnem letu. Helikopterju pilot poveča moč na režim vzpenjanja in hkrati malo dvigne nos helikopterja. Zaradi spremembe položaja nosu se hitrost helikopterja spusti na 80 vozlov, ki je v tem primeru hitrost za vzpenjanje. Položaj nosu nastavi s pomočjo umetnega horizonta, medtem, ko na indikatorju vertikalne hitrosti spremlja pozitivno spremembo hitrosti. Helikopter se vzpenja predvsem zaradi nastavitve moči, zato ni potrebna velika sprememba položaja nosu za vzpostavitev vzpenjanja. Po vzpostavitvi vzpenjanja postane indikator hitrosti primarni instrument za vertikalni položaj nosu namesto umetnega horizonta.

Primarni instrumenti:

- indikator hitrosti (uvajamo z umetnim horizontom) – vertikalni položaj nosu,
- žiromagnetni kompas – nagib
- indikator vertikalne hitrosti - moč.

Podporni instrumenti:

- indikator vertikalne hitrosti - nagib,
- koordinator zavoja – nagib,
- umetni horizont - nagib.

Vzpenjanje s konstantno vertikalno višino je odvisno predvsem od zmogljivosti helikopterja. Z močnejšimi helikopterji vzpenjamo s 1000 čevljev na minuto, s šibkejšimi pa 500 čevljev na minuto. Manever se začne s hitrostjo vzpenjanja in nastavitvijo moči za vzpenjanje. Primarni instrument položaja nosu helikopterja pri uvajanju v manever je indikator hitrosti, po vzpostavitvi pravilne vertikalne hitrosti pa indikator vertikalne hitrosti. Hitrost pilot nastavlja z močjo helikopterja. V kolikor je hitrost prenizka doda helikopterju moč, ki pa posledično poveča tudi hitrost vzpenjanja. Za zmanjšanje hitrosti vzpenjanja pilot premakne ciklično komando naprej, ki pa povzroči povečanje hitrosti. Vse spremembe moči v ustaljenem manevru mora pilot popravljati tudi z nožnimi komandami.

Primarni instrumenti:

- indikator vertikalne hitrosti (uvajamo z indikatorjem hitrosti) – vertikalni položaj nosu,
- Žiromagnetni kompas – nagib,
- Indikator hitrosti - moč.

Podporni instrumenti:

- indikator vertikalne hitrosti - nagib,
- koordinator zavoja – nagib,
- umetni horizont - nagib.

Po vzpenjanju ponavadi pilot vzpostavi režim horizontalnega leta. Pomembno je, da začne razmišljati o prevajanju v horizontalni režim že pred željeno višino za horizontalni let. Pravilo pravi, da vzamemo 10% vrednosti indikatorja vertikalne hitrosti, kar pomeni, da pri vzpenjanju s 1000 čevlji na minuto pilot začne prevajanje okoli 100 čevljev pod željeno višino. Na pravi višini glede na hitrost nastavi položaj nosu za ohranitev horizontalnega leta, hkrati pa helikopterju odvzame moč. V kolikor bi rad v horizontalnem letu večjo hitrost kot pri vzpenjanju pa z odvzemom moči še malo počaka, dokler ne pride do željenega prirasta hitrosti (FAA 2007).

5.3 REŽIM SPUŠČANJA

Prav tako kot pri režimu vzpenjanja poznamo pri letenju v pogojih brez zunanje vidljivosti dva tipa režima spuščanja.

- Režim spuščanja s konstantno progresivno hitrostjo,
- režim spuščanja s konstantno vertikalno hitrostjo.

Oba načina režima spuščanja pilot nastavlja tako, da najprej odvzame moč, nastavi položaj in nato kompenzira momentom z nožnimi komandami.

Pogosto se zgodi, da je potovalna hitrost helikopterja večja kot pa željena hitrost pri spuščanju. Pred spuščanjem mora zato pilot odvzeti moč in s ciklično komando zadržati horizontalen let, dokler ne upočasni helikopterja do željene hitrosti. Po nastavitvi vstopne hitrosti za spuščanje pa postopa kot pri režimu vzpenjanja. Režim spuščanja od režima vzpenjanja ni dosti drugačen. Uporablja iste primarne in podporne instrumente ter enako tehniko letenja.

5.4 ZAVOJI

Zavoji v pogojih brez zunanje vidljivosti so standardni zavoji, to so tisti pri katerih je kotna hitrost okoli navpične osi enaka 3° na sekundo. Za lažje uvajanje v standardni zavoj si pilot izračuna približen nagib, ki je potreben, saj se le ta spreminja s pravo hitrostjo helikopterja. Pravila približkov (ang. Rules of thumb) pravijo, da vzamemo 15% prave hitrosti, da dobimo nagib za standardni zavoj v stopinjah. Pri 80 vozlih je torej potrebno 12° nagiba (FAA 2007).

Za vstop v zavoj pilot premakne ciklično komando v levo ali desno stran, odvisno od strani zavoja z nožnimi komandami pa poskrbi za koordiniran zavoj. Pri uvajanju poskuša pilot s pomočjo umetnega horizonta nastaviti še potreben nagib za standardni zavoj. Koordinator zavoja postane primarni instrument za nagib, ko pokaže, da je helikopter v standardnem zavoj.

Primarni instrumenti:

- višinomer – položaj nosu glede na horizont,
- koordinator zavoja – nagib,
- indikator hitrosti – moč.

Podporni instrumenti:

- umetni horizont – položaj nosu glede na horizont,
- indikator vertikalne hitrosti – položaj nosu glede na horizont.

Za izhod iz zavoja mora pilot ciklično komando odkloniti v nasprotno stran zavoja. Med prevajanjem je primarni instrument za nagib umetni horizont. Po zaključenem prevajanju pa to vlogo prevzame indikator smeri (FAA 2007).

6 USPOSABLJANJE NA HELIKOPTERJU BELL 206

V Letalski šoli Slovenske vojske je del usposabljanja za poklicnega pilota helikopterja tudi letenje pod pokrivalom. Namen letenja pod pokrivalom je osvojitve pravilnega skeniranja in interpretacije instrumentov, osvojitve tehnike letenja po instrumentih ter osvojitve postopkov za reševanje helikopterja iz nenavadnih položajev s pomočjo instrumentov. Vaja se izvaja v coni Šentjernej ali pa v coni Mrzlava vas in sicer med 2000 in 5000 čevlji nadmorske višine. V vaji je planiranih 5 ur letenja in 1 ura za kontrolni let, kar je skupaj 6 ur letenja pod pokrivalom. Letenje se izvaja na za to primerno opremljenima helikopterjema, to sta helikopterja Bell 206 z registrskima oznakama S5-HZJ in H1-21.

Slika 14: Očala za simulacijo pogojev brez zunanje vidljivosti in vidno polje



Vir. www.plar.pl in LETS

6.1 PRIPRAVA

Za vajo letenje pod pokrivalom je potrebna obširna priprava, saj je ena najtežjih vaj v usposabljanju za poklicnega pilota helikopterja. Potrebno je veliko samoiniciative, da si pilot preuči in razume vso potrebno literaturo. Pred samim letom pilotu okna in vrata pokrijejo s platnom, hkrati pa pilot nosi še očala, ki so prikazana na sliki 14.

V pripravi gre pilot miselno skozi celotno vajo zato, da po svojih zmožnostih odstrani napake, ki bi se mu lahko pojavljale. Velikokrat se med vajo pojavijo napake, katere piloti drugače popravljajo avtomatsko.

Problemi, ki so jih omenjali piloti:

- Kompenzacija z nožnimi komandami – pri vizualnem letenju se zdi samoumevna,
- Levi zavoj s spuščanjem potrebuje desno nogo – neobičajen občutek,
- Lahki manevri postanejo kompleksni, itd.

Poleg vseh ostalih pregledov pred vzletom, je zelo pomembno, da si pilot nastavi žiromagnetni kompas na podrejen položaj ter, da preveri delovanje force trima.

6.2 CONA ŠENTJERNEJ IN MRZLAVA VAS

Cona Šentjernej je definirana s pomočjo radionavigacijskega sredstva VOR/DME (ang. Very High Frequency Omnidirectional Range/Distance Measuring Equipment) Dolsko, ki ima frekvenco 112,70 MHz. Cona se razprostira med radialoma R117 in R123 ter krožnima lokoma na oddaljenosti D26,5 DOL in D28 DOL.

Cona Mrzlava vas je definirana prav tako s pomočjo sredstva VOR/DME Dolsko. Razprostira se med radialoma R108 in R112 ter krožnima lokoma na oddaljenosti D35 DOL in D36,5 DOL. Cono Mrzlava vas je možno definirati tudi prek sredstva VOR/DME v Zagrebu na frekvenci 113,70 MHz. Razprostira se med radialoma R263 in R267 ter krožnima lokoma na oddaljenosti D28,5 ZAG in D30 ZAG.

6.3 PLAN DELA V CONI

V coni se izvajajo razni elementi vaje, ki so lahko direktno izvajani ali pa vključeni v druge elemente in manevre. Pilot se skozi celotno vajo s pokrivalom uči pravilnega skeniranja in interpretiranja instrumentov. Z radionavigacijskimi sredstvi najprej pilot določi središče cone delovanja, ki ga nato tudi zadržuje med izvajanjem vaje (ŠIP 2011).

Elementi vaje:

- Skeniranje in interpretiranje instrumentov,
- Režimi in zavoji,
- Osnovni manevri s pomočjo instrumentov (MPH, MVH, S-manevri),
- Nepravilni položaji,
- Odpoved instrumentov,
- Avtorotacije.

6.3.1 Manever progresivne hitrosti

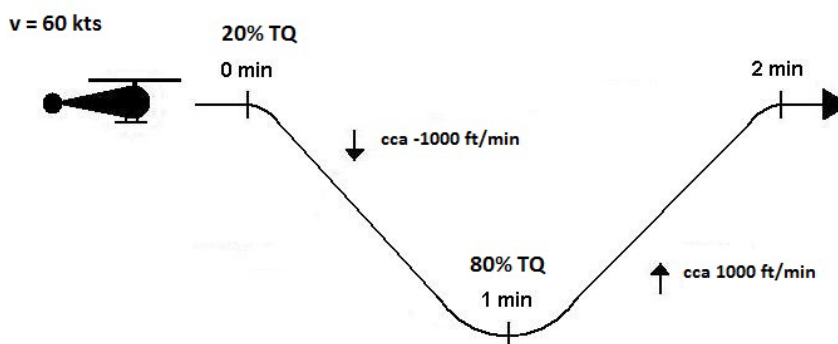
Namen manevra progresivne hitrosti (MPH) je vzdrževanje konstantne višine in smeri letenja pri različnih hitrostih. Pilot se nauči kako med spremembami moči in hitrosti kompenzirati za momente, ki nastanejo zaradi spremembe moči helikopterja. Priprava in uvajanje v manever se začne s horizontalnim letom pri 80 vozlih na konstantni višini. Za začetek potegnemo ciklično komando rahlo nase, hkrati pa zato, da preprečimo vzpenjanje znižamo položaj kolektivne komande. Na tem mestu ne smemo pozabiti kompenzirati momentov z nožnimi pedali. S kolektivno in ciklično komando zadržujemo helikopter tako, da se zniža hitrost na 30 vozlov. Po 10 sekundah letenja s 30 vozli pa začnemo pospeševati. Ciklično komando rahlo odklonimo naprej, hkrati pa zvišamo položaj kolektivne komande, da zadržimo helikopter v horizontalnem letu. Spet pazimo, da kompenziramo momente nastale zaradi spremembe moči. S kolektivno in ciklično komando zadržujemo helikopter tako, da se hitrost poveča na 100 vozlov brez, da prekoračimo 85% moči. Po 10 sekundah letenja pri 100 vozlih pa upočasnimo helikopter na 80 vozlov po že opisanem postopku (Ožura).

6.3.2 Manever vertikalne hitrosti

Namen manevra vertikalne hitrosti (MVH) je vzdrževanje hitrosti in smeri med spreminjanjem režima. Manever je zelo pomemben, saj nas nauči obvladovanja helikopterja pri spremembi moči brez zunanjih referenc. Začetni pogoji za izvedbo manevra so stabiliziran let na konstantni višini s 60 vozli v izbrani smeri. Moč nato zmanjšamo na 20%TQ (ang. Torque). S

ciklično komando nato nastavimo položaj nosu helikopterja tako, da obdržimo 60 vozlov. Ves čas manevra držimo helikopter v zadani smeri. V prvem delu manevra vertikalne hitrosti spuščamo za 1000 čevljev s približno 1000 čevljev na minuto vertikalne hitrosti. Spuščanju sledi prehod v vzpenjanje z 80% moči. Za višino prehoda uporabimo prej omenjeno pravilo 10% vertikalne hitrosti, kar v našem primeru pomeni okoli 100 čevljev pred željeno višino oziroma po 900 čevljih spuščanja. Po prevajanju vzpenjamo za 1000 čevljev s približno 1000 čevljev na minuto vertikalne hitrosti. Ponovno po 900 čevljih vzpenjanja počasi začnemo ravnati helikopter za režim horizontalnega leta. V kolikor je manever pravilno izveden se helikopter po približno dveh minutah ponovno nahaja na začetni višini pri 60 vozlih. Manever je prikazan na sliki 15 (Ožura).

Slika 15: Manever vertikalne hitrosti - MVH



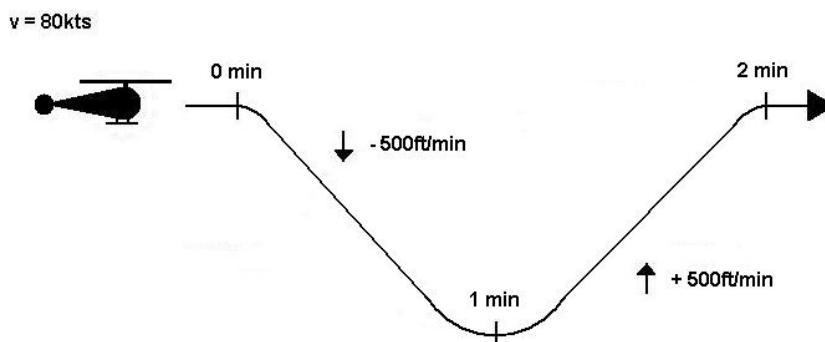
Vir: Pia Drev

6.3.3 S manevri

V Letalski šoli Slovenske vojske poznamo štiri S manevre, ki se po svoji težavnosti stopnjujejo in dopolnjujejo. Namen S manevrov je s postopnim učenjem izboljšati sposobnosti pilotov za koordiniran let med spreminjanjem moči in smeri na helikopterju. Začetni in končni pogoji za vse S manevre so hitrost 80 vozlov, ohranitev smeri in horizontalen let. Vsi zavoji v S manevrih so standardni dvo minutni zavoji.

Pri S-A manevru gre za manever spuščanja in vzpenjanja, ki je zelo podoben manevru vertikalne hitrosti. Po vzpostavitvi začetnih pogojev pilot začne manever tako, da prižge štoparico hkrati pa zmanjša moč motorja toliko, da doseže 500 čevljev na minuto spuščanja in obdrži 80 vozlov. Po eni minuti spuščanja sledi prehod v vzpenjanje prav tako s 500 čevlji na minuto. Po eni minuti vzpenjanja pa sledi prehod v horizontalen let. V kolikor je manever pravilno izveden se le ta po dveh minutah konča na začetni višini. Manever je prikazana na sliki 16 (Ožura).

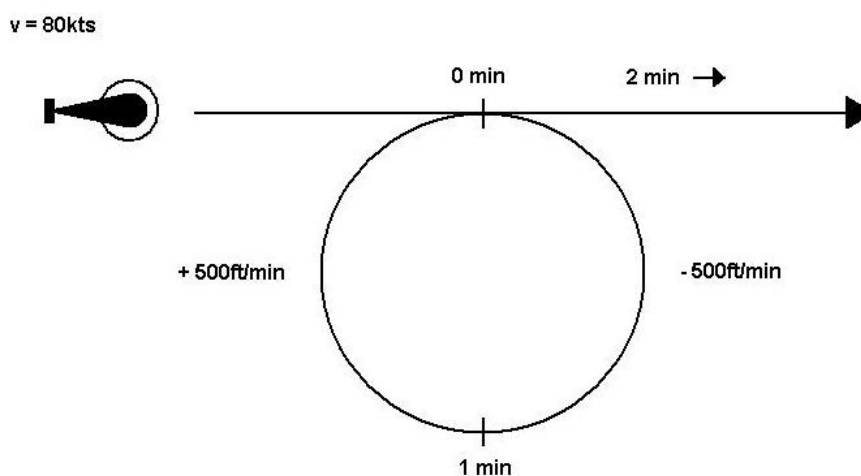
Slika 16: S-A manever



Vir: Pia Drev

S-B manever je v bistvu S-A manever z dodanim zavojem med spreminjanjem višine. Manever izgleda s ptičje perspektive kot zavoj za 360° . Začetni pogoji so zopet 80 vozlov in horizontalen let. Kot že prej omenjeno pa mora pilot izračunati tudi približek nagiba, ki je potreben za standardni zavoj. Manever začne z merjenjem časa in standardnim spuščajočim zavojem v poljubni smeri. Spuščanje traja eno minuto in sicer z vertikalno hitrostjo 500 čevljev na minuto. Po eni minuti oziroma zavoj za 180° sledi prehod v vzpenjajoči standardni zavoj prav tako za eno minuto s 500 čevlji na minuto vzpenjanja. Po preteku dveh minut se v brezvetrju in pri pravilni izvedbi manevra helikopter vrne na izhodiščno točko od katere pilot nadaljuje v horizontalnem letu. Manever je prikazan na sliki 17 (Ožura).

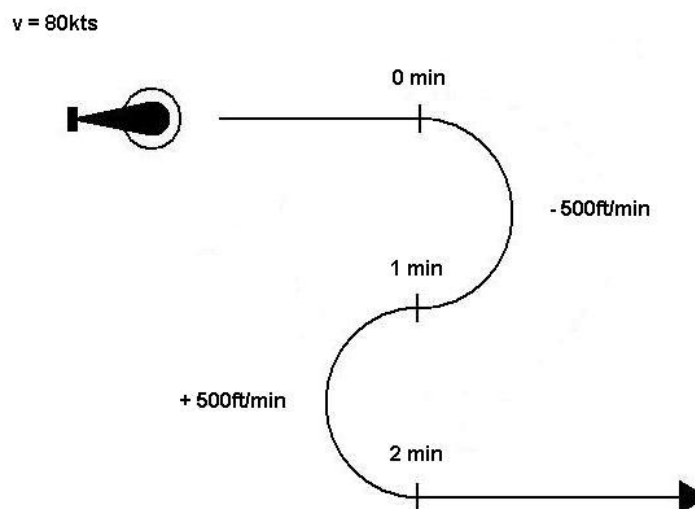
Slika 17: S-B manever



Vir: Pia Drev

Pri S-C manevru gre ponovno za nadgradnjo prejšnjega manevra, saj je prva minuta manevra popolnoma enaka prvi minuti S-B manevra. Razlika pri S-C manevru je samo pri prehodu iz spuščanja v vzpenjanja, saj se istočasno zamenja še smer zavoja. Manever je prikazan na sliki 18 (Ožura).

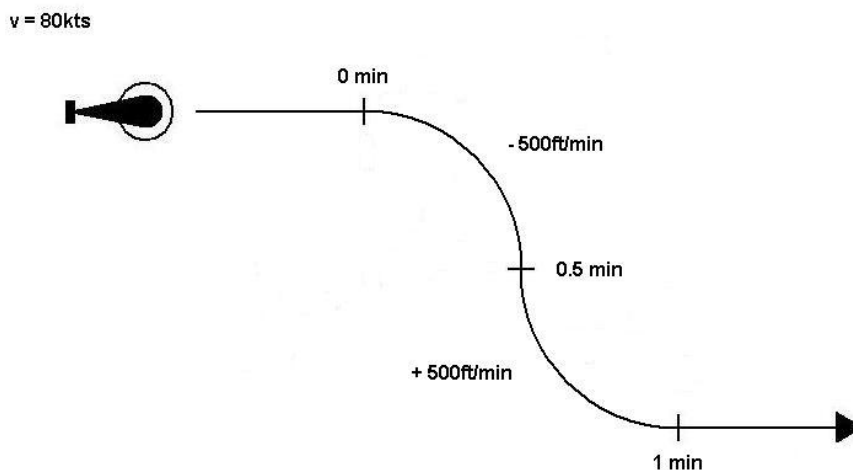
Slika 18: S-C manever



Vir: Pia Drev

Tudi S-D manever je nadgradnja predhodnega manevra S-C. Pri S-D manevru je glavna razlika trajanje, saj je dolg samo eno minuto. Vstop v manever je popolnoma enak tistemu pri S-C manevru, vendar že po 30 sekundah oziroma spremembi smeri za 90°, pilot zamenja smer zavoja. Po nadaljnjih 30 sekundah pa pilot nadaljuje v horizontalnem letu. Manever je prikazan na sliki 19 (Ožura).

Slika 19: S-D manever



Vir: Pia Drev

6.3.4 Nepravilni položaji

Vsak manever, ki ni del normalnega letenja helikopterja lahko imenujemo nepravilen položaj. Ponavadi gre pri nepravilnih položajih za neugoden položaj nosu, nagiba ali obeh hkrati. V kolikor pilot odlaša s takojšnjim pravilnim reševanjem nastale situacije lahko pride do življenjsko nevarnih situacij.

V nepravilnem položaju se lahko pilot znajde zaradi:

- Turbulence,
- Nenatančnega letenja
- Prostorske dezorientacije,
- Napake ali odpovedi instrumentov,
- Napačne interpretacije instrumentov, itd.

V Letalski šoli Slovenske vojske se piloti učijo dva tipa nepravilnih položajev:

- nepravilen položaj z zmanjšano hitrostjo,
- nepravilen položaj s povečano hitrostjo.

Oba tipa nepravilnih položajev izhajata iz nepravilnega položaja nosu in nagiba.

Nepravilen položaj z zmanjšano hitrostjo pilot največkrat sreča med vzpenjanjem v zavoju. Zaradi previsokega položaja nosu in dodanega nagiba začne helikopter upočasnjevati. Kljub temu, da imamo zelo nizko hitrost ne smemo potisniti ciklične komande naprej. Razlog je v preprečevanju negativnih obremenitev na helikopter, saj lahko pride do mast bumpinga (mehanski kontakt med glavo rotorja in pogonsko gredjo). Pravilno postopanje pilota v tem primeru je, da rahlo poveča nagib, da pade nos helikopterja pod horizont in šele nato najprej

izravna nagib. Sledi samo še popravek položaja nosu, ki ga popravimo z rahlim potegom ciklične komande nase (Ožura).

Nepravilen položaj s povečano hitrostjo piloti največkrat srečajo pri manevrih, ki vključujejo spuščanje v zavoju. Zaradi prenizkega položaja nosu in dodanega nagiba, helikopter pridobiva na hitrosti. Na tem mestu je zelo pomembno, da pilot ne reagira prehitro, saj lahko s potegom ciklične komande nazaj, vstopi v spiralo. Pilot pravilno rešuje nastali položaj tako, da najprej izravna helikopter iz nagiba in šele nato popravi položaj nosu. Moč dodaja po potrebi (Ožura).

6.3.5 Simulacija odpovedi navigacijskih instrumentov

Za letenje v pogojih brez zunanje vidljivosti so potrebni neodvisni sistemi, ki ločujejo instrumente in jim s tem zagotavljajo neodvisen prikaz informacij. Ravno zaradi neodvisnosti instrumentov jih lahko med seboj primerjamo in ugotovimo kakršnokoli odstopanje ali napačno prikazovanje. Namen vaje je učenje uporabe alternativnih instrumentov za pridobitev enakih informacij kot bi jih dajal pokvarjen instrument, če bi deloval pravilno.

6.3.5.1 Odpoved umetnega horizonta

V primeru nedelujočega umetnega horizonta ima helikopter Bell 206 tudi pomožni umetni horizont. V kolikor pomožnega umetnega horizonta v helikopterju ni, je potrebno uporabiti druge instrumente.

Za položaj nosu glede na horizont postaneta v tem primeru primarna instrumenta:

- indikator hitrosti,
- višinomer,

saj lahko iz obeh pilot odčita spremembe zaradi nepravilnega položaja nosu helikopterja. Z nedelujočim umetnim horizontom pilotu manjka še informacija o trendu nagiba helikopterja. S pomočjo indikatorja zavoja lahko pilot ugotovi tudi trenutni trend helikopterja, hkrati pa si lahko pomaga tudi z indikatorjem smeri.

6.3.5.2 Odpoved indikatorja smeri

Med simulacijo odpovedi instrumentov spada tudi odpoved indikatorja smeri. Namen vaje je pilota pripraviti na uporabo magnetnega kompasa z upoštevanjem napak.

V vaji popravljamo dve vrsti napak:

- Napake zaradi pospeševanja,
- Napake zaradi zavijanja.

Pri pospeševanju helikopterja se indikacija magnetnega kompasa odkloni proti severu, pri zaviranju pa proti jugu. To pravilo velja v vseh smereh razen pri letenju proti severu ali proti jugu.

Napaka pri zavijanju pa nastane zaradi prehitevanja ali zamujanja magnetnega kompasa. Ta napaka se najbolj opazi v severnih in južnih smereh, medtem, ko je v vzhodno - zahodni smeri ni. Pri zavojih v severne smeri mora pilot začeti izhod iz zavoja približno 20° do 30° pred zeleno smerjo, pri zavojih v južne smeri pa šele 20° po zeleni smeri. Zgoraj naštetih pravila se nanašajo izključno za letenje na severni zemeljski polobli.

6.3.6 Avtorotacije pod pokrivalom

Namen izvajanja avtorotacij pod pokrivalom je prikaz ohranjanja kontrole s pomočjo instrumentov in prikaz kako se helikopter v stabilni avtorotaciji pripelje do varnega pristanka. Za vstop v avtorotacijo pilot spusti kolektivno komando toliko, da zadržuje potrebno število obratov glavnega rotorja, medtem pa s ciklično komando zadržuje od 52 do 69 vozlov. Pri vstopu v avtorotacijo mora zaradi odvzema moči kompenzirati z desno nožno komando. Nos helikopterja pilot postavi približno na horizont, hkrati pa preverja, da koordinator zavoja ostane v sredini. V realni situaciji bi pilot izvedel avtorotacijo do tal. V tem primeru bi pilot postavil helikopter v stabilno avtorotacijo in počakal, da zopet pride v pogoje zunanje vidljivosti. V kolikor sega baza oblakov do tal pa se za uspešen pristanek v avtorotaciji zanasa na radijski visinomer, če je helikopter z njim opremljen (Ožura).

6.4 NENAMEREN VSTOP V OBLAKE

Skupek vsega znanja pridobljenega pri letenju pod pokrivalom je gradnik, ki pomaga pilotu pri nadaljnjem šolanju za pridobitev pooblastila za instrumentalno letenje. Izkušnje, ki jih je pilot pridobil pa so zelo uporabne tudi pri vizualnem letenju. Med letenjem se vremenski pogoji spreminjajo in lahko se naredi, da pri vizualnem letenju nenamerno vstopimo v instrumentalne meteorološke pogoje. V takem primeru je reakcijski čas ključnega pomena, saj lahko pomeni razliko med življenjem in smrtjo. Postopek pri nenamernem vstopu v oblake se imenuje 4C postopek (Ožura).

Postopek pri nenamernem vstopu v oblake:

- Kontrola (Control) – prehod na instrumente,
- Vzpenjanje (Climb) - nastavitev 70%-80%TQ, statistično najbolj varno,
- Kurz (Course) – obrnemo stran od ovir,
- Komunikacija (Communication) – klic v sili ali prošnja za vektorje do letališča

7 ZAKLJUČEK

Letenje v vizualnih razmerah danes pilotom ne predstavlja večjih težav. S pogledom iz kabine zrakoplova lahko pilot natančno določi naravni horizont in svoj položaj v zračnem prostoru. Med izvajanjem letalskih operacij so vremenski pogoji redkokdaj idealni. Pri izvajanju helikopterskih operacij v namene zaščite in reševanja se pogosto izvaja letenje v mejnih vremenskih pogojih. Glede na to, da se večino letenja izvaja v bližini terena je dobra usposobljenost posadke ključnega pomena za varnost letenja. Z usposabljanjem, ki ga zagotavlja Letalska šola Slovenske vojske dobi pilot primerno količino spoštovanja ter sposobnosti za izvajanje nalog v pogojih zmanjšane vidljivosti.

V prvem delu naloge opisani instrumenti so za pilote Letalske šole Slovenske vojske mišljeni za osvežitev teoretičnega znanja in kot osnova za pripravo na letenje. V nadaljevanju je predstavljen človeški faktor z iluzijami, ki se lahko pojavijo pri sami izvedbi te vrste letenja. V osrednjem delu naloge je predstavljena uporaba in tehnike skeniranja instrumentov. Posebej je še razdeljena krmarljivost in režimi helikopterja med letom. Zaključni del naloge temelji na šolskem izobraževalnem priročniku in zajema vse podrobnosti praktičnega usposabljanja pilotov.

Pri obvladovanju zrakoplova je najpomembnejši faktor varnosti primerno usposobljena posadka. Ravno zaradi varnosti je ta vaja tudi del osnovnega usposabljanja za poklicnega pilota helikopterja v Slovenski vojski. Na ta način so piloti helikopterjev v Slovenski vojski relativno kmalu izpostavljeni letenju v simuliranih instrumentalnih pogojih, kar zagotavlja dobro usposobljen in varen kader. S pridobljenim znanjem pa piloti pomagajo tudi civilnemu letalstvu prek aktivnosti in širjenja znanja v aeroklubih in ostalih letalskih šolah.

Namen zaključne naloge je bila izdelava literature za osnovno letenje s helikopterjem v pogojih brez zunanje vidljivosti za potrebe Letalske šole Slovenske vojske. Menim, da bo marsikateremu pilotu prihranila čas pri pripravi na letenje pod pokrivalom, saj naloga povzame najpomembnejše elemente vaje in jih tudi detajlno predstavi. Zaradi kompleksnosti znanja je pomembno, da se le to redno dopolnjuje, saj je kasneje potrebno to znanje tudi nadgraditi s pridobitvijo pooblastila za instrumentalno letenje.

LITERATURA

1. Cummins, Paul (2006). 178 seconds to live. Revija Flight Safety Australia 10 (1) 26-33.
2. FAA, (2007). FAA –H-8083-15A, Instrument Flying Handbook.
3. FAA, (2000). FAA – 8083-21, Rotorcraft Flying Handbook.
4. FAA, (2012). FAA – 8083-21A, Helicopter Flying Handbook.
5. SMOLE, Benjamin (2011). Navigacija, radionavigacija in značilnosti nočnega letenja. Cerklje ob Krki: Šola za Častnike.
6. NTSB, (2000). NYC99MA178.
http://www.nts.gov/aviationquery/brief2.aspx?ev_id=20001212X19354&ntsbno=NYC99MA178&akey=1 (15.10.2012).

VIRI

1. AMST, Systemtechnik (2008). Spatial Disorientation Training System.
2. Šolski izobraževalni priročnik, 2011.
3. Ožura, Peter, Predavanje za vajo 27.
4. Ristič, Aleš G., Predavanja o skeniranju in interpretaciji instrumentov.
5. Drev, Pia, Slike MVH in S manevrov.
6. aviationknowledge.wikidot.com
7. flighttraining.aopa.org
8. www.armyaviation.com
9. www.faasafety.gov
10. www.pilotfriend.com
11. www.plar.pl

SEZNAM SLIK IN TABEL

| | |
|--|----|
| Slika 1: Prikaz pitot-statičnega sistema | 3 |
| Slika 2: Notranjost višinomera | 4 |
| Slika 3: Notranjost indikatorja vertikalne hitrosti..... | 5 |
| Slika 4: Indikator hitrosti pri helikopterju | 6 |
| Slika 5: Umetni horizont..... | 7 |
| Slika 6: Žirodirekcional | 8 |
| Slika 7: Indikator zavoja in drsenja in koordinator zavoja..... | 9 |
| Slika 8: Nastanek somatogravične iluzije..... | 11 |
| Slika 9: Nadaljevanje rotacije pri somatogirni iluziji..... | 11 |
| Slika 10: Iluzija nagiba..... | 12 |
| Slika 11: Prikaz uporabe obrnjenega V..... | 15 |
| Slika 12: Prikaz glasbenega skeniranja v tretjem koraku | 17 |
| Slika 13: Krožno skeniranje | 18 |
| Slika 14: Očala za simulacijo pogojev brez zunanje vidljivosti in vidno polje..... | 24 |
| Slika 15: Manever vertikalne hitrosti - MVH | 26 |
| Slika 16: S-A manever..... | 26 |
| Slika 17: S-B manever..... | 27 |
| Slika 18: S-C manever..... | 27 |
| Slika 19: S-D manever..... | 28 |
| | |
| Tabela 1: Primarni nosilci podatkov v določenem režimu | 17 |

SEZNAM UPORABLJENIH KRATIC

| | |
|-------|--|
| AMST: | Austria Metal System Technik |
| CAS: | Calibrated Airspeed |
| CASA: | Civil Aviation Safety Authority in Australia |
| DME: | Distance Measuring Equipment |
| DOL: | oznaka za radionavigacijsko sredstvo Dolsko |
| EAS | Equivalent Airspeed |
| FAA: | Federal Aviation Administration |
| IAS: | Indicated Airspeed |
| MPH: | Manever Progresivne Hitrosti |
| MVH: | Manever Vertikalne Hitrosti |
| NTSB: | National Transportation and Safety Board |
| ŠIP: | Šolski Izobraževalni Priročnik |
| TAS: | True Airspeed |
| TQ: | Torque |
| VHF: | Very High Frequency |
| VOR: | Very High Frequency Omnidirectional Range |
| ZAG: | oznaka za radionavigacijsko sredstvo Zagreb |

SEZNAM TUJIH IZRAZOV

| | |
|---|---|
| Attitude flying: zunanje vidljivosti | letenje po instrumentih v pogojih brez |
| Calibrated airspeed: | kalibrirana hitrost |
| Civil Aviation Safety Authority: | Civilna agencija za varnost pri letenju |
| Distance Measuring Equipment: | oprema za merjenje razdalje |
| Downwash: | premikanje zraka navzdol ob helikopterju |
| Equivalent airspeed: | ekvivalentna hitrost |
| Federal Aviation Administration: | Zvezna agencija za letalstvo |
| Indicated airspeed: | indicirana hitrost |
| National Transportation and Safety Board: letalskem transportu | Katedra za nacionalno varnost pri |
| Pitch attitude: | vertikalni položaj nosu glede na horizont |
| Rules of thumb: | pravila približkov |
| True airspeed: | prava hitrost |
| Torque: | navor, v nalogi mišljeno kot moč |
| Very High Frequency: | zelo visoke frekvence |
| Very High Frequency Omnidirectional Range: sredstvo | zelo visoko frekvenčno radionavigacijsko |

IZJAVA O AVTORSTVU ZAKLJUČNE NALOGE

Kandidat / Slušatelj Matija Zupančič izjavljam, da sem avtor zaključne naloge z naslovom UPORABA INSTRUMENTOV ZA LETENJE S HELIKOPTERJEM V POGOJIH BREZ ZUNANJE VIDLJIVOSTI, ki sem jo napisal pod mentorstvom Poročnika Petra Ožure.

S svojim podpisom zagotavljam da:

- je zaključna naloga izključno rezultat mojega lastnega dela,
- so vsa dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v zaključni nalogi, navedena oziroma citirana v skladu s SOP ŠČ za izdelavo in oblikovanje zaključne naloge na ŠČ,
- se zavedam, da je plagiatorstvo kaznivo po Zakon-u o avtorskih in sorodnih pravicah, (uradno prečiščeno besedilo – ZASP UPB3, Uradni list RS, št. 16/2007, z dne 23. 2. 2007), prekršek pa podleže tudi ukrepom disciplinske odgovornosti v skladu z Zakonom o obrambi in Pravili službe v Slovenski vojski,
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo zaključno nalogo in moj status v Slovenski vojski.

V Cerklje ob Krki, dne 15.11.2012

Podpis: _____