

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

**ZAKLJUČNA NALOGA
OSNOVNO FIGURNO LETENJE Z LETALOM ZLIN 242 L**



Kandidat-slušatelj: desetnik Alex Bobnjar
Mentor: nadporočnik Ivo Miklavc

Cerklje ob Krki, november 2011



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OBRAMBO

Slovenska vojska

Poveljstvo za doktrino, razvoj,
izobraževanje in usposabljanje
Šola za častnike

Številka:

Datum:

ZAKLJUČNA NALOGA

OSNOVNO FIGURNO LETENJE Z LETALOM ZLIN 242 L

Kandidat-slušatelj: desetnik Alex Bobnjar

Mentor: nadporočnik Ivo Miklavc

Cerklje ob Krki, november 2011

Engelsova ulica 15, 2111 Maribor
Telefon: 02 332 2227, fax: 02 332 1035, e-pošta: pdriu@mors.si
Identifikacijska št. za DDV: (SI) 47978457, MŠ: 5268923, TRR: 01100-637019111

POVZETEK

Delo se ukvarja z načinom usposabljanja v osnovnem figurnem letenju in načini izvajanja prevlečenih letov z letalom ZLIN242L, v letalski šoli LETŠ Slovenske vojske. Ta naloga je del priročnika, ki smo ga sestavili kandidati 22. generacije Šole za častnike smer letalstvo. Priročnik bo v oporo sledečim generacijam, ki prihajajo za nami in dober učni pripomoček pri usposabljanju. V delu najdemo natančen opis postopkov figurnega letenja, kot so pentlja, immelman, vrij, obrat čez krilo, obrat na krilo, toni, prevlečen let iz pogojev horizontalnega leta, vzpenjanja, spuščanja in slow flight, tehnika, postopek in napake ki se pojavljajo pri izvajanju teh postopkov. Končni rezultat tega dela je postopen opis izvajanja figur in prevlečenih letov iz določenih pogojev. Učenec, ki se bo usposabljal na tipu letala ZLIN 242 L v Letalski šoli Slovenske vojske, bo imel možnost se učiti iz dela, ki je zdaj združeno in prevedeno ter opisano v slovenskem jeziku.

KLJUČNE BESEDE: LETALO ZLIN 242L

ARESTI

FIGURE

PREVLEČEN LET

USPOSABLJANJE

VOJSKA

ZUSAMMENFASSUNG

Diese Arbeit befasst sich mit der Ausbildung von neuen Pilotenanwärtern in der Slowenischen Luftwaffe. Und zwar in der Ausbildung in fliegen der Akrobatischen Figuren und Trudeln in bestimmten Flugpositionen mit dem Flugzeug der Slowenischen Luftwaffe für die Grundausbildung, den ZLIN 242L. Diese Arbeit ist ein Teil der Zusammenfassung für die Ausbildung mit dem ZLIN 242L, den wir die Kandidaten der 22. Generation der Offizierschule zusammenfassen. Diese Arbeit wird den nachkommenden Generationen als grosse Hilfe dienen, für die Grundausbildung auf dem Flugzeug Zlin242L. In dieser Arbeit finden wir die genaue Beschreibung von einer Ausführung des Loopings, Imelman, Trudeln, Kampfkurve, Überschlag über den Flügel, Überschlag auf den Flügel, Tono, Überzogener Flug in Horizontalen Flug, Steigflug, Landeanflug und Slowflight, die Technik, Ausführung und die Fehler die auftreten. Das Endergebnis dieser Arbeit ist eine Stufenförmige Beschreibung der Akrobatischen Figuren und überzogenen Flügen in bestimmten Verhältnissen, damit der Schüler der sich auf dem Flugzeug des Typs ZLIN242L in der Slowenischen Luftwaffe ausbildet mit Hilfe dieser Arbeit die zusammengefasst und übersetzt wurde in die Slowenische Sprache.

SCHLUSSWÖRTER: FLUGZEUG ZLIN 242L

ARESTI

FIGUREN

ÜBERZOGENER FLUG

TRAINING

MILITÄR

POVZETEK	ii
ZUSAMMENFASSUNG.....	iii
1 UVOD	6
1.1 IZHODIŠČE ZAKLJUČNE NALOGE	7
1.2 NAMEN IN CILJI ZAKLJUČNE NALOGE	7
1.3 METODE DELA.....	7
1.4 STRUKTURA ZAKLJUČNE NALOGE	7
2 LETENJE NA SPLOŠNO, TEORIJA LETENJA	8
3 UVAJALNE VAJE ZA FIGURNO LETENJE	11
3.1 FIGURNO LETENJE IN ARESTI.....	12
3.2 FIGURNO LETENJE Z LETALOM ZLIN 242L	17
3.2.1 Vrij.....	17
3.2.1.1 Izvajanje vrija	17
3.2.1.2 Napake pri izvajanju vrija in njihovo popravljanje.....	19
3.2.2 Obrat čez krilo	22
3.2.2.1 Izvajanje obrata čez krilo	22
3.2.2.2 Napake pri izvajanju obrata čez krilo in njihovo popravljanje	23
3.2.3 Obrat na krilo.....	26
3.2.3.1 Izvajanje obrata na krilo	26
3.2.3.2 Napake izvajanja obrata na krilo in njihovo odpravljanje.....	27
3.2.4 Pentlja – looping.....	29
3.2.4.1 Izvajanje pentlje	29
3.2.4.2 Napake pri izvajanju pentlje in njihovo odpravljanje.....	30
3.2.5 Immelman	33
3.2.5.1 Izvajanje immelmana.....	33
3.2.5.2 Napake pri izvajanju immelmana in njihovo popravljanje	34
3.2.6 Bojni zavoje.....	37
3.2.6.1 Izvajanje bojnega zavoja	37
3.2.6.2 Napake pri izvajanju bojnega zavoja in njihovo odpravljanje	38
3.2.7 Tono.....	41
3.2.7.1 Izvajanje tonoja	41
3.2.7.2 Napake pri izvajanju tonoja in njihovo popravljanje	42
4 PREVLEČEN LET Z LETALOM ZLIN 242L	45
4.1 PREVLEČEN LET IZ REŽIMA HORIZONTALNEGA LETENJA	45
4.2 PREVLEČEN LET IZ POGOJEV VZLETANJA.....	46
4.3 PREVLEČEN LET IZ POGOJEV PRISTAJANJA	47

4.4	PREVLEČEN LET IZ POGOJEV SLOW FLIGHTA.....	48
5	ZAKLJUČEK.....	51
	LITERATURA.....	52
	INTERNETNI VIRI:	53
	SEZNAM SLIK IN TABEL.....	54
	KRATICE.....	55
	IZJAVA O AVTORSTVU ZAKLJUČNE NALOGE	56

1 UVOD

Tisočletja je človek z zavistjo gledal letenje ptic in sanjal o tem, da bi tudi sam dosegel takšno lahkotnost in eleganco. Toda neharmoničen in neroden let prvih letal je bil še daleč od lahkotnega drsenja ptic. In ker je bil nezadovoljen z doseženim, se je hrepeneči človeški duh trudil naprej. Vedno znova je posegal po prav tako lahkotni krmarljivosti in gibčnosti, čeprav sta mu ti vztrajno uhajali.

Vendar so se sčasoma začela pojavljati boljša letala in tako so piloti na prvih letalskih mitingih poizkušali dokazati premoč lastnih letal.

Na enem takšnih letalskih mitingov, je Francoz Pegoud letel prvo akrobatsko figuro. S svojim Bleriotom je izvedel luping. Nato je prišla prva svetovna vojna, ki je vodila k hitremu napredku letalogradnje, saj je prevladalo spoznanje, da v različnih bojih zmagujejo močnejša in gibčnejša letala.

V istem času so tudi piloti začeli spoznavati, da krmarljivost trdnost in moč letal že ustrezajo njihovim željam po letenju zapletenih figur na nebu. Tako so z njimi zaplavali v opojni občutek svobode, kakršnega ni užil še nihče pred njimi. Začeli so leteti lahkotno kot ptice in tako se je rodila umetnost figurnega letenja ali kot so temu drugače poimenovali » zračni balet«.

Po prvi svetovni vojni je čar zračnega baleta ostal in v času med obema vojnama je lahko samo bojazljivost zadržala kakšnega pilota pred raziskovanjem akrobatskih figur. Takrat je bil med akrobatskimi letali na prvem mestu dvokrilec.

Večini pilotov je dovolj velika nagrada, ko doživimo občutek spretnosti in svobode, povezan z vednostjo, da je boljši tisti pilot, ki ima izkušnje z umetnostnim letenjem. On pozna skrajne zmožnosti svojega letala in ve, kako naj iz njega izvleče najboljše. Zraven tega nam obvladovanje umetnosti akrobacij prinaša zaupanje vase, povečuje spretnost in občutek za letenje ter nam omogoča razumevanje fines aerodinamike na način, ki se ne da doseči v nobeni učilnici.

Tisti, pri katerih ustvarjalnost z letalom doseže najvišji nivo izražanja, pa se skorajda neizogibno želijo med seboj tudi pomeriti. Samo tukaj se pokaže, kako dober je kateri pilot v resnici.

Že Bishop Wright, oče Orvilla in Wilburja je pridiga; l » Če bi bog želel, da ljudje letijo, bi nam dal krila!« preden sta njegova sinova dosegla uspeh, ki je spremenil obraz sveta.

V določenem smislu je imel Bishop Wright prav, saj zrak ni naravni element človekovega gibanja. V njem bo človek zmeral ostal vsiljivec. Piloti se izučijo, ne pa rodijo. Stvar, ki pa je v resnici, je dejstvo, da se ljudje z dobro telesno in duhovno konstitucijo res hitreje učijo. Primer za to so »Kraljeve zračne sile« - RAF, kjer dajejo poseben pomen športu pri izbiri in šolanju pilotov.

Vendar se pri letenju na splošno ne postavlja vprašanje po super moških, skoraj vsak se lahko nauči leteti.

V letalski šoli Slovenske vojske je v sestavi osem letal Zlin 242 L v treh različnih izvedbah, od najbolj osnovnega modela za šolanje akrobatskega letenja, do najbolj opremljenega letala, ki se uporablja za instrumentalno letenje. Letalo Zlin 242 L se v Slovenski vojski uporablja za osnovno in nadaljevalno šolanje pilotov. Samo poznavanje letala, njegove opreme in sistemov, je ključnega pomena za varnejše in s stališča učenja, olajšano letenje.

Zaključna naloga temelji na zbiranju podatkov, kateri bi olajšali in poenotili šolanje pilotov v Letalski šoli Slovenske vojske. Obseg naloge je opis postopkov izvedbe izvajanja osnovnih akrobatskih figur in spoznavanje obnašanja letala v letu na minimalnih hitrostih.

1.1 IZHODIŠČE ZAKLJUČNE NALOGE

Predpisi, pravila, postopki in letenje so med seboj tesno povezani. Težave, ki se pojavljajo tekom izobraževanja in usposabljanja pilotov Slovenske vojske, so predvsem te povezave med posameznimi sklopi. Letenje je torej nekako sledenje predpisanim postopkom in upoštevanje pravil. Za lažje razumevanje in predvsem povezavo med postopki in letenjem, ter samo predstavitev osnovnega letala za šolanje na prvi stopnji, je nastala ta zaključna naloga. Izhodišče je torej vodilo za prihodnje izobraževanje bodočih vojaških pilotov v Slovenski vojski s poenotenimi in zbranimi postopki za učence kot, tudi za inštruktorje.

1.2 NAMEN IN CILJI ZAKLJUČNE NALOGE

Namen zaključne naloge na šoli za častnike, z naslovom letalo ZLIN 242 L, je sestaviti priročnik, kateri bo služil usposabljanju na letalu ZLIN 242 L, vodenju letala, tehniki pilotiranja, med izvajanjem osnovnih figur in prevlečenih letov. Priročnik, ki bo poenotil in povzel redne in izredne postopke, ki so prevzeti po priročniku letala z vsemi dodatnimi postopki, ki jih zahteva tehnika vojaškega letenja in upravljanja letal med figurnim letenju ter izvajanju prevlečenih letov, osnovnemu in nadaljevalnemu šolanju pilotov Slovenske vojske za pridobitev civilne licence PPL (licenca športnega pilota angl. Private Pilot Licence). Za osnovno in nadaljevalno šolanje, tako po pravilih vizualnega, kot tudi po pravilih instrumentalnega letenja (dnevnega in nočnega) in akrobatskega letenja. Literatura naj bi bila v pomoč bodočim pilotom Slovenske vojske, torej štipendistom, ki opravljajo obvezno študijsko prakso, pilotom, ki že delujejo na delovnem mestu pilota, kot tudi samim inštruktorjem letenja.

1.3 METODE DELA

Pri izdelavi zaključne naloge smo se posluževali metode sistematičnega prebiranja strokovne literature in primerjave literature ter strokovnih nasvetov mentorja, ki jih je zbral iz izkušenj, tekom let med službovanjem v Letalski šoli Slovenske vojske.

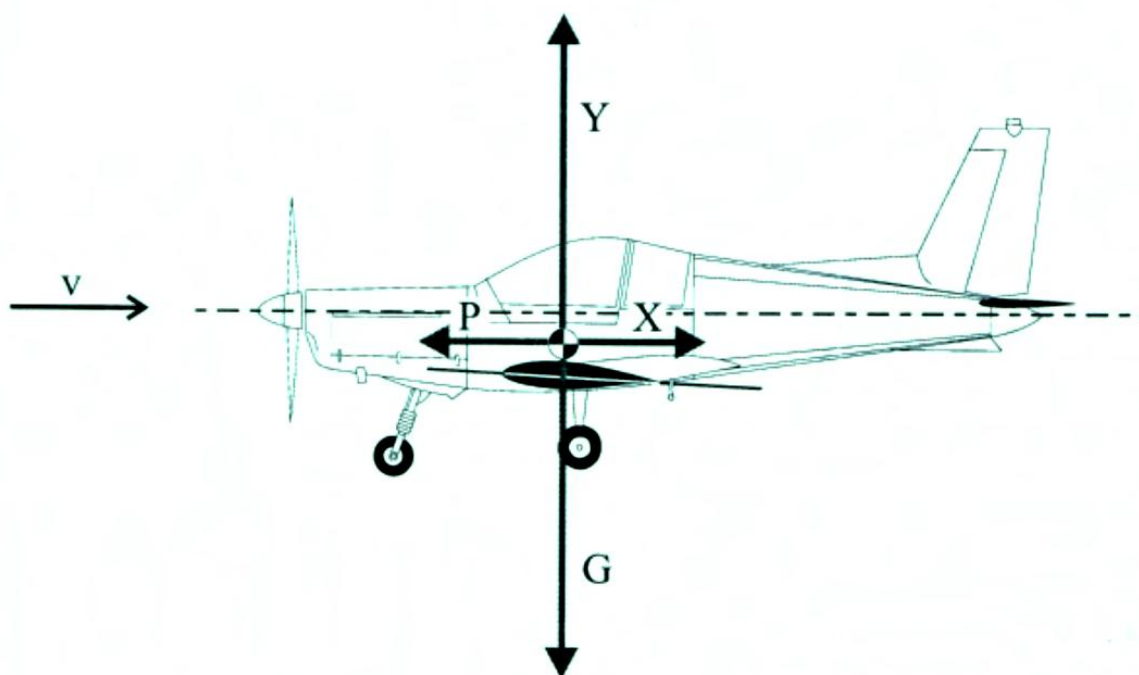
1.4 STRUKTURA ZAKLJUČNE NALOGE

Prvi del zaključne naloge vsebuje razlago letenja letala na splošno. Zakaj sploh je letalo v zraku in zakaj leti. V drugem delu je predstavljeno kako se je figurno letenje razvijalo skozi čas, kako je bilo problematično figure, ki se izvajajo v zraku, prenesti na papir, dokler le tega ni poenostavil in poenotil Aresti. Tretji del je sestavljen iz opisov posameznih figur, ki se izvajajo pri osnovnem akrobatskem šolanju z letalom ZLIN 242 L v Letalski šoli Slovenske vojske, ter postopki in napake, ki se medtem pojavljajo. Zadnje poglavje vsebuje opis postopkov izvajanja prevlečenih letov iz različnih režimov letenja, iz horizontalnega leta, vzpenjanja in pristajanja, tako da učenec spozna omejitve letala samega.

2 LETENJE NA SPLOŠNO, TEORIJA LETENJA

- Pri teoriji letenja kot pri vsaki teoriji se pojavljajo določene oznake. V vojaškem letalstvu in na splošno v letalstvu, se pojavljajo mehanske strokovne oznake. Naprimer sila g zemlje je $9,81\text{m/s}$ in nikakor drugače, v letalstvu se pri fizikalnih lastnostih ne pojavlja vprašanje, kaj če, ker sila je sila in na vojaški letalnik lahko v različnih figurah vpliva določena sila, večja ali manjša.
- Da vam najprej predstavim na splošno normalni horizontalni let, ki je izhodiščni element za akrobatsko figurno letenje.
- Vsaka figura se začne in konča s horizontalnim letom. Let naravnost na določeni višini je tisto, kar je pomembno. Vzgon je pri tem enak sili teže letala in je obremenitev $1g$.
- Obremenitev je številka, ki pove, kolikokrat je sila vzgona večja od sile teže letala. $1g$ pomeni sila teže, ki na letalo in pilota deluje v horizontalnem letu ali na tleh. Npr. sila $5g$, pomeni petkratno obremenitev na letalo in pilota. Če je teža pilota 70kg moramo to pomnožiti z $5g$ in dobimo rezultat, da na pilota deluje sila teže 350kg .
- Če je vlečna sila enaka uporju letala, bo letalo letelo s konstantno hitrostjo. Ko pa je vlečna sila večja od upora letala, bo letalo pospeševalo.

Slika 1: Normalni horizontalni let in razmerje sil v njem



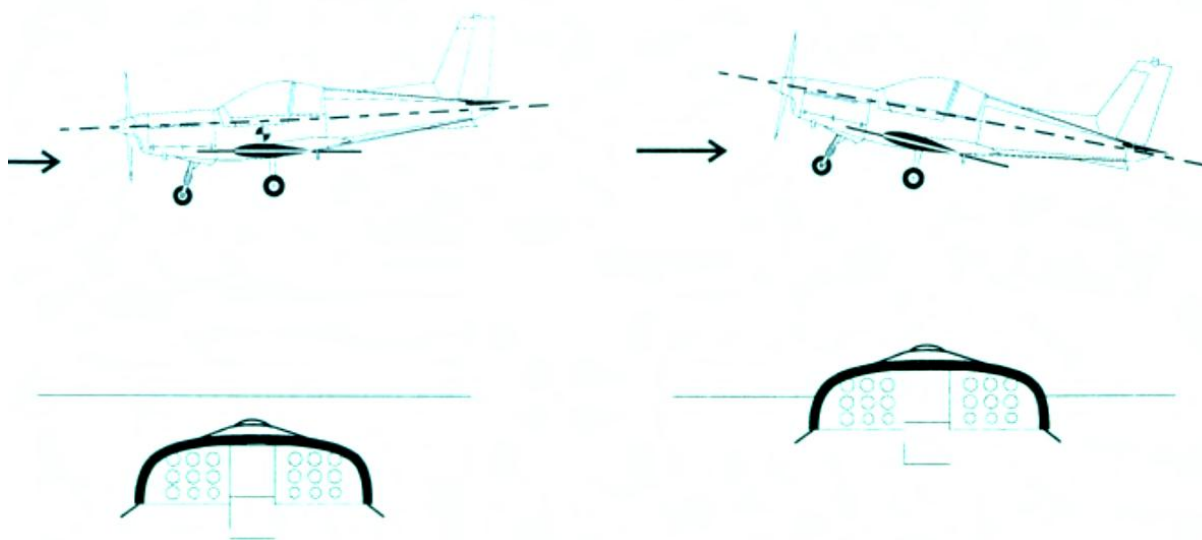
Vir: Igor Zrinski, Murska Sobota 1998 (str.157)

- Vsaki hitrosti letenja ustreza določen vpadni kot. Vzrok za to je v sili vzgona, ki mora biti v horizontalnem letu enaka sili teže. Ker se teža letala v zraku ne spreminja, se tudi sila vzgona ne sme. Spreminjata se lahko sestavna dela sile vzgona, količnik

vzgona in hitrost in to le eden na račun drugega. Pri večji hitrosti je količnik vzgona (C_y) in s tem tudi vpadni kot (α) lahko manjši in obratno.

- Preden odkrijemo pravo vrednost vpadnega kota za akrobatsko letenje, moramo razjasniti, o katerem vpadnem kotu sploh govorimo. Vpadni kot je lahko geometrijski ali aerodinamičen.

Slika 2: Horizontalni let in položaj nosu glede na horizont pri veliki (levo) in minimalni hitrosti (desno)

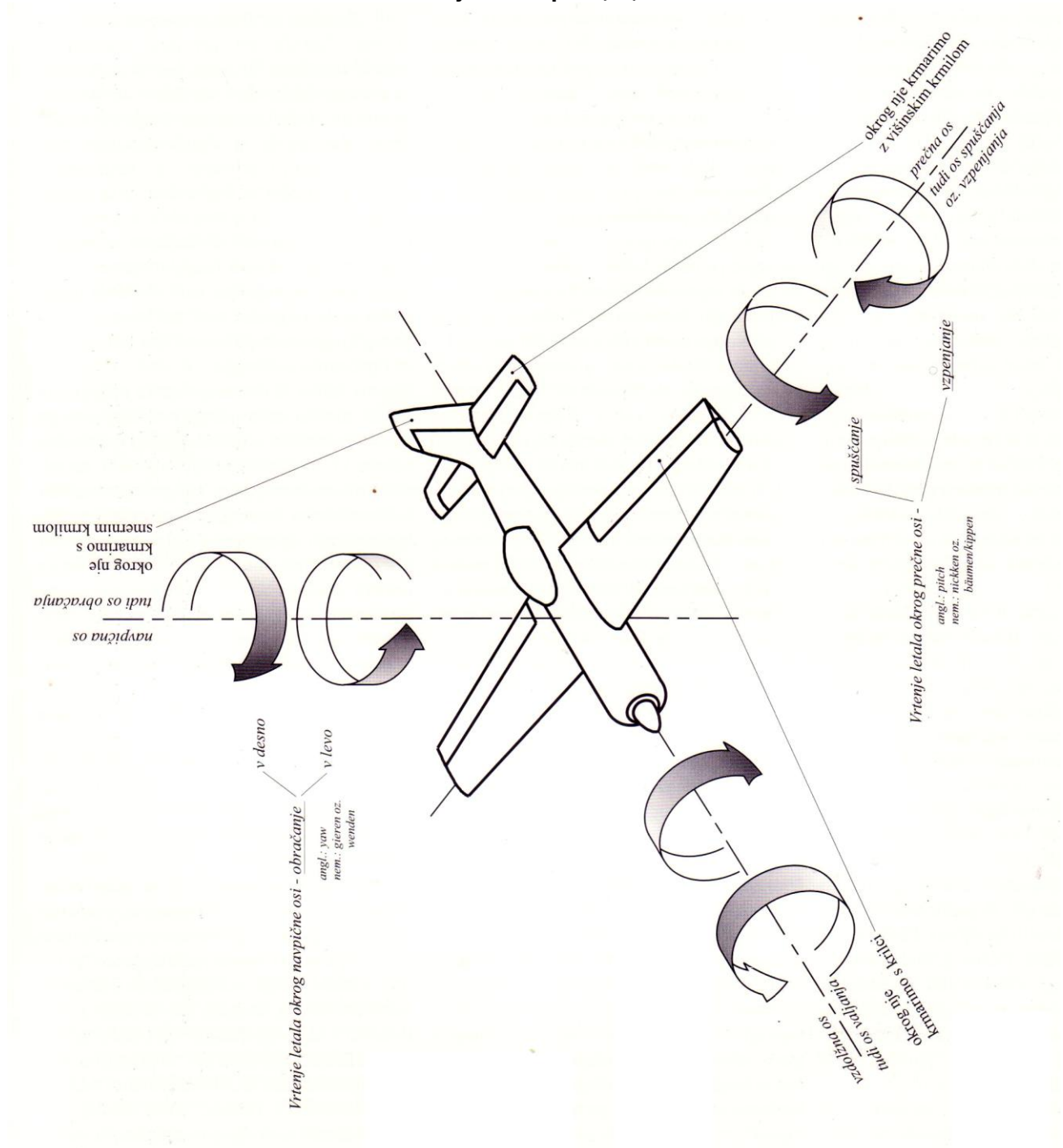


Vir: Igor Zrinski, Murska Sobota 1998 (str.158)

- Geometrijski je ta , s katerim se srečamo v učilnici in v knjigah, ki se ukvarjajo s teorijo. Razširjen je zaradi njegove nazornosti. Nekoliko manj nazoren pa v praksi. Bolj uporaben je aerodinamični vpadni kot, ki je enak nič takrat ko je količnik vzgona ($C_y = 0$) , torej ko profil ne ustvarja nič vzgona,samo upor.
- Postavitev krila glede na vzdožno os letala. Pri vseh letalih razen pri specialnih akrobatskih in vojaških, je krilo postavljeno tako da ustvarja določen vzgon, ko je os trupa vzporedna z dotekajočim zrakom. To pa zato, da je upor trupa pri potovalnem režimu čim manjši.
- Krilo je pritrjeno na trup pod določenim kotom glede na vzdolžno os letala, pravimo mu konstrukcijski kot letala.
- Ker je krilo fiksno pritrejno na trup, s tem ko spreminjamo vpadni kot krila spreminjamo tudi vpadni kot osi letala in obratno, ko spreminjamo vpadni kot letala spreminjamo vpadni kot krila.
- Vpadni kot letala je namreč nekaj kar iz kabine lahko zelo dobro vidimo. Pri tem nam je nos letala v veliko pomoč. Tudi pogled čez konce kril je pomemben, ko vidimo, kako te stojijo glede na horizont. Preizkusiti moramo in si ogledati, kakšen položaj ima letalo pri minimalni hitrosti in kakšen pri maksimalni hitrosti, v minimalnem letu. To znanje nam koristi pri hitrem zavzemanju horizontalnega leta po kaki figuri. Ko poznamo hitrost letala, takoj vemo kak vpadni kot moramo nastaviti, da bo linija leta horizontalna. Po akrobatskem letenju namreč ni časa za opazovanje variometra.

- VPADNI KOT JE ORODJE ZA REGULIRANJE KOLIČINE VZGONA NA KRILU.

Slika 3: Gibanje letala po X, Y, Z osi



Vir: Neil Williams, Umetnostno letenje (str. 200)

3 UVAJALNE VAJE ZA FIGURNO LETENJE

Naj se sliši tako čudno, ampak prvo vajo lahko izvajamo na vsakem letalu, celo na poslovnem, kajti to je ponavljanje prve stvari, ki se je v zraku naučimo : let naravnost in v isti višini. Kaj ima to skupnega z umetnostnim letenjem, bo pomoje še vprašanje. Odgovor je sledeč: premočrtni let v isti višini je podlaga vseh tekmovalnih figur. Pri letu naravnost naprej v isti višini in neki dani lastni konstantni teži pa bomo pri različnih hitrostih videli in občutili opazne spremembe vzdolžnega položaja letala v letu in ker bomo hitrost spreminjali od hitrosti prevlečenja letala do hitrosti ki je nikoli ne smemo prekoračiti (V_{ne}), bo letalo izpostavljeno maksimalnim spremembam vzdolžnega položaja (vpadnega kota letala v horizontalnem letu).

Tako bomo imeli, na primer v horizontalnem odletu, od končne točke vijaka, popolnoma drugačen položaj proti horizontu, kot v horizontalnem letu z visoko hitrostjo pred samim potegom v vijak. Torej si je potrebno pridobiti občutek za položaje, s katerimi bomo letalo obdržali v horizontalnem letu pri različnih hitrostih. Tako bo sedaj praktičen prikaz dveh hitrosti za neko podano moč motorja, ki jo nato zmanjšujemo vse dokler je ne zmanjšamo do hitrosti minimalnega upora, kar pozablja večina zasebnih pilotov, pridobil nov pomen. Ko hitrost minimalnega upora enkrat najdemo, postane očitno, da, če lahko med celotnim programom figurnega letenja držimo letalo primerno dolge periode blizu te hitrosti s polno močjo motorja, bo lahko motor letalu predajal maksimum energije, pa naj jo spremenimo v kinetično energijo ali potencialno energijo.

Pri figurnem letenju pa sta izredno pomembni tudi koordinacija in samozaupanje. Najboljša vaja za ti dve lastnosti je menjajoči se 360° -ski zavoje z najmanj 60° nagiba, pri katerem moramo pri uvaljanju in izvaljanju iz zavoja in v križanju (menjanju) zavoja podati poln odklon krilc. Cilj pri tem je držati kroglico točno v sredini in ne izgubljati ali pridobivati višine. Dober nasvet je, da na vsako sekundo, ki jo porabite za pregled instrumentov, naj pride 9 sekund opazovanja zračnega prostora, saj pri umetnostnem letenju preletimo velik prostor s hitrimi spremembami smeri, zato je dober razgled življenjsko pomemben. Ti zavoji, pri katerih je zaželeno, da naletimo na svoj propellerski zračni tok, so dobri tudi kot vaja za sprostitvev pred samim figurnim letom.

Preden se lotimo figur umetnostnega letenja je dobro najprej ponoviti prevlečenje letala. To ni enostavno samo vaja, ki jo izvedemo z občutkom olajšanja, ampak je orodje letenja, zato jo moramo obvladati do popolnosti. Z njo je povezano krmarjenje letala pri absolutno minimalni hitrosti, saj bo velik del časa med akrobacijami hitrost ležala v bližini ali celo pod hitrostjo prevlečenja. Za to, pa je potrebna sposobnost hitrega in občutljivega reagiranja.

Prevlečen let izvajamo tako, da pri počasnem letu držimo konstantno višino in hitrost, ki ju tako daleč reduciramo, dokler letalo še komaj leti. Vsakokrat, ko eno od kril nakaže, da se bo povescilo, moramo to popraviti s pedalom v nasprotno smer in malenkostjo dodatne moči, da bi izravnali nastali upor. Tukaj pa se takoj naučimo še ene dodatne lekcije. Če uporabimo nasprotna krilca, se bo krilo še naprej povešalo, ker spuščeno krilce povzroči odleplenje in prevlečenje zračnega toka na koncu krila. In ko je letalo enkrat delno prevlečeno, lahko vidimo, da moramo vpadni kot znatno zmanjšati, preden zračni tok spet postane laminaren in vzgon naraste na zadostno vrednost. Postopek prevlečenega leta izvajamo samo na varni višini.

Pri počasnem letu pa nam seveda raste tudi zaupanje v letalo, s tem da točno vemo, kaj bo, oziroma česar ne bo letalo storilo. In ker med normalnim letom v veliki višini ni pomembno, če letalo prevlečemo, se lahko tako, visoko zgoraj, izvelek iz prevlečenega leta učimo in vadimo, dokler nam ne bo prešel v kri.

3.1 FIGURNO LETENJE IN ARESTI

Arestiju se pripisuje krivda, za današnji mehanični pristop k umetnostnemu letenju in zagotovo veliko število ne ve o čem je pravzaprav govora. Aresti je svoj leksikon, Aresti - katalog, razvijal 25 let kjer ima združen sistem figur. Prvotno so ti simboli bili narisani za lastno uporabo, kot neka vrsta letalske stenografije, ki med akrobatskim letom v kabini služi kot »opomnik«. Gotovo, je, da so figure v katalogu narisane tako kristalno jasno, da nam kar same lahko povzročajo obsedenost, da bi jih leteli tako ostro, kar s stališča točnih 90°-skih in 45°-skih linij ni slabo, še posebej z vidika treninga, čeprav lahko v isti meri, določene figure letimo tudi z drugačnimi nagibi. Ta sistem, sistem sestavljanja kombiniranih figur, temelječ na točnih linijah in kotih je torej razlog, zakaj se akrobatsko letenje pri mnogih pilotih hitro lahko spremeni v »robotsko letenje«. Resnični prispevek Arestija je v tem, da nam je dal mednarodni standard, s katerim napredne programe ocenjujemo na matematični snovi, namesto po občutku. Bistvo leži torej v simetrični umetnosti, ki je tudi tehnično korektna. To je tisto, kar nam je dal Aresti. Če pa ima njegov sistem kako resnično pomanjklivost, je ta v tem, zraven naše lastne napačne interpelacije, da je sistem bil razvit za Jungmeistra, ki je bil sicer v zvutih, dinamičnih figurah sijajen, a je pokazal slabe lastnosti v zunanjem lupingu in pri valjčkih v navpičnicah.

Preden je bil razvit aerokriptografski sistem Arestijevega zapisovanja figur, so bili piloti na svetovnih prvenstvih založeni z nerodnimi in kompliciranimi risbami, na katerih je bila nameravana pot letala, prikazana s »tračnim risom«. Zgornja stran letala je bila v beli barvi, spodnja pa v črni. Prav zanimivo je primerjati isti program v predstavi obeh sistemov. Sistem Aresti je tako praktičen v uporabi, da lahko z njim zapišemo celo program letala med samo predstavo, podobno kot stenografiramo govor.

Zraven tega se je Aresti lotil delitve vseh figur na družine in jih razdelil od 1 do 9, ki so prikazane spodaj na **sliki 5**.

Npr. let s pozitivnimi »g-ji« rišemo z neprekinjeno linijo, medtem ko zahteva let z negativnimi g-ji črtkano linijo. Let na nož izgleda tako, polni valjček, polovični valjček, dinamični valjček.

Če vse te figure narišemo v kvadratke kvadratnega papirja, jih nato izrežemo ter sestavimo tako, da vstopne in izstopne linije figur na složečih kvadratih sovpadajo, lahko tako zaporedje programa, brez pavze gladko letimo. Vemo na primer, da raversman z lahkoto sledi lupingu.

A če narišemo imelman, ki bi mu naj sledil vijak, se to ne bo skladalo.

Vidimo, da vse figure v Aresti- katalogu odgovarjajo temu sistemu. To je tudi njegov namen in tako lahko še bolje spoznamo skrb, s katero si je Aresti prizadeval razviti ta sistem. Zahteva je tudi z razločnim presledkom prikazati konec ene figure in začetek naslednje. Ravno iz tega razloga moramo na koncu in na začetku vsake figure risati vodoravno linijo. Če je Aresti sploh ustvaril stil, potem je to stil risanja linij, kar pa ne pomeni, da si letenje ne more gladko slediti; ravno nasprotno, oboje se medsebojno dopolnjuje.

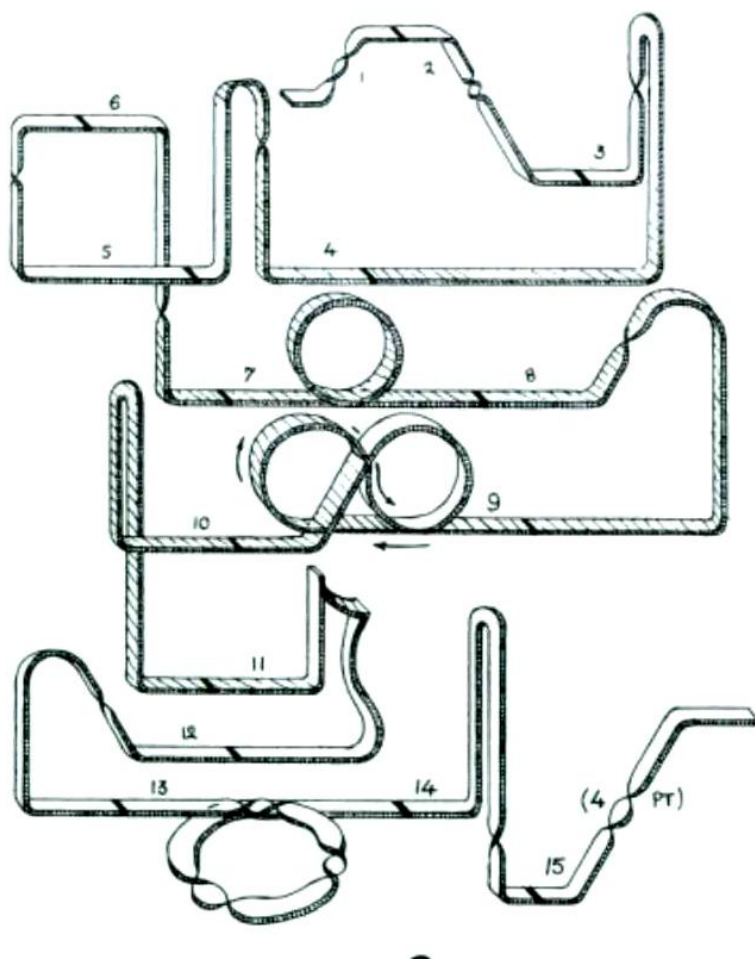
Zraven vsake figure v Aresti – katalogu pa je napisan tudi »K«- faktor, ki predstavlja njen koeficient težavnosti. Čim težja je figura, tem večji je »K« - faktor.

Sistem Aresti se dandanes uporablja kot mednarodni govor. Če napišete program, tako ruski španski ali nemški, pilot točno ve, kakšne so zahteve, brez dolgočasnih pojasnjevanj in prevodov. Vsaka družina figur je nato še dodatno porazdeljena in vsaka figura ima svojo označevalno (kataloško številko, s katero se lahko identificira v Aresti – katalogu, tako da ni nevarnosti zmede. Če odkrijemo neko novo figuro, lahko pogledamo v poglavje »Osnovne figure« v Aresti – katalog in jo sestavimo iz njenih sestavnih delov ter tako končno pridemo tudi do njene »K« - vrednosti.

Katalog ki je trenutno v uporabi, je njegova tretja izdaja, obnovljena v letu 1967, in je obveza za vsakega umetnostnega pilota, da spozna figurno letenje, ki ga bo izvajal.

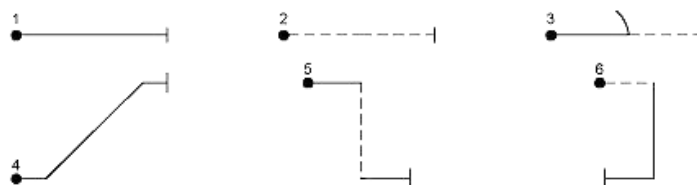
Tako pridem do zaključka, da če Aresti nebi izdelal svojega sistema in z njim uspel, bi bilo težko, če ne skoraj nemogoče, točno narisati in opisati zapletene programe figurnega letenja.

Slika 4: Narisana priprava na figurno letenje pred Arestijem



Vir: Neil Williams, Umetnostno letenje (str. 93)

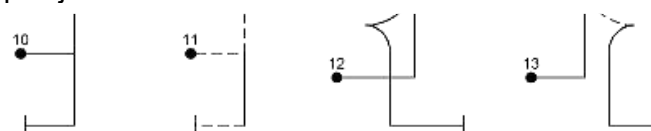
Družina 1: Linije



Družina 2: Zavoji in zavoji z valčkom



Družina 5 in 6: Bočni obrat, raversam Fislerjeva pahljača



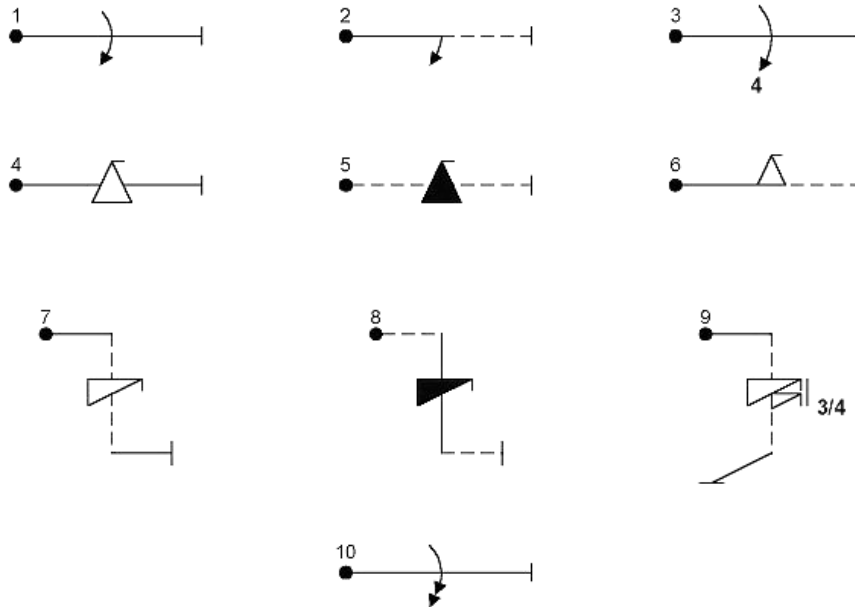
Družina 7: Pentlje (lopingi) in osmice



Družina 8: Kombinacija lopingov in linij



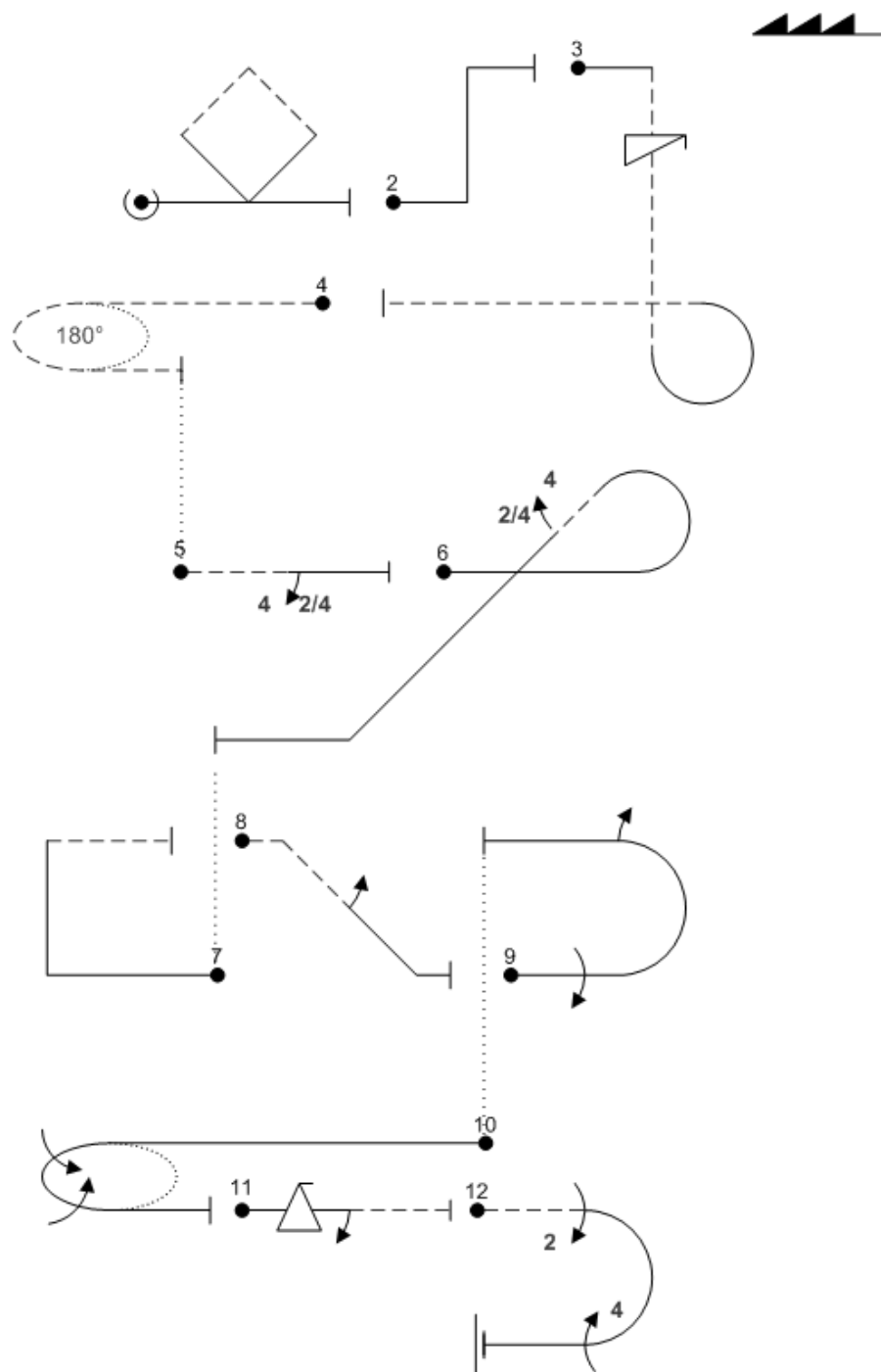
Družina 9: Valjčki in vriji



Slika 5: Delitev figur na družine po Arestiju

Vir: http://www.lswinnweiler.de/frame/beitraege/kunst_fig/knstfig.htm

Slika 6: Priprava na figurno letenje po načinu Aresti



Vir: Neil Williams, Umetnostno letenje (str. 93)

3.2 FIGURNO LETENJE Z LETALOM ZLIN 242L

Osnovne figure, ki se izvajajo pri osnovnem akrobatskem šolanju z letalom ZLIN 242L in so podrobno predstavljene v tem delu so sledeče:

- **VRIJ**
- **OBRAT ČEZ KRILO**
- **OBRAT NA KRILO**
- **PENTLJA**
- **IMMELMAN**
- **BOJNI ZAVOJ**
- **TONO**

3.2.1 Vrij

Opis

- Vrij je manever z letalom pri hitrostih blizu minimalne. Med vrijem se letalo vrti okrog vseh treh osi. Letalo navadno šele po nekaj vrtljajih v vriju preide v ustaljeno avtorotacijo in strmi vrij. Letalo Zlin 242L potrebuje izvajanje vrija z enim obratom 750ft višine.

3.2.1.1 Izvajanje vrija

Priprava

- preverimo položaj trimerjev
- preverimo položaj pipe za gorivo
- preverimo da so krilca uvlečena
- preverimo tlak dušika v glavnem nosilcu
- preverimo da sta vključena oba magneti
- preverimo da je ročica propelerja na »HIGH RPM«
- preverimo da je ročica zmesi na »FULL RICH«
- preverimo količino goriva v rezervoarjih (zunanja rezervoarja morata biti prazna, razlika količine med levim in desnim rezervoarjem mora biti manjša od ene četrtine)
- izberemo orientirno točko (ali linijo, če delamo vrij z izhodom v nasprotno smer od smeri dostopa)
- preverimo višino

- opazujemo zračni prostor
- zmanjšamo moč do konca
- zmanjšamo hitrost na 65 KTS
- letalo ves čas zadržujemo horizontalno z vlečenjem palice na sebe, pazimo tudi, da je kroglica ves čas na sredini

Uvajanje

- Pri hitrosti 65 KTS potisnemo pedal v željeno smer vrija, letalo preide v močno drsenje in takoj pokaže težnjo za spuščanje nosu pod horizont.
- Trenutek po potiskanju pedala potegnemo palico do konca na sebe (ne grobo, vendar energično) in jo zadržimo v tem položaju.
- Letalo preide v vrij.

Vodenje

- Zadržujemo komande v položaju za vrij.
- Sledimo vrtenju (štejemo obrate,...) in približevanju orientirju za izhod iz vrija.

Izhod iz vrija

- 90° pred zadanim orientirjem (če delamo vrij z enim obratom, pri teh obratih je zamujanje tudi do enega celega obrata, kar pa je tudi odvisno od dinamike uvajanja v vrij) potisnemo pedal nasprotno smeri vrtenja v vriju.
- Trenutek za tem (okrog 1s) potisnemo palico naprej, do polovice med nevtralnimi položajem in skrajnim sprednjim položajem.
- Ko se rotacija ustavi, damo pedala takoj v nevtralni položaj.
- Povečamo moč do polne moči (ravnamo previdno, ker je motor dalj časa tekel na majhni moči; vsekakor pa moč povečujemo dinamično).
- Počakamo prirast hitrosti.
- Letalo prevedemo v horizontalni let.

Tabela 1: Izguba višine pri določenem številu obratov z letalom ZLIN 242 L

Obrat	Izguba višine ft	Zamujanje pri izhodu °
1	750	90
2	1000	270
3	1250	360
4	1500	405

3.2.1.2 Napake pri izvajanju vrija in njihovo popravljanje

Napake v pripravi

- Med zmanjševanjem hitrosti letalo teži k izgubi višine zaradi zmanjševanja vzgona. Potrebni vzgon za horizontalni let ohranjamo z vlečenjem palice na sebe (povečevanja vpadnega kota in z njim koeficienta vzgona).
- Letalo lahko privedemo v pogoje majhne hitrosti tudi z močjo in letalo uvedemo v vrij. To je največja napaka pri uvajanju letala v vrij, kajti pri večji moči letala žiroskopski moment propelerja pomaga avtorotaciji in zavira izhod letala iz vrija.
- Zelo pomembno je da pred uvajanjem v vrij preverimo višino. V vriju višino zelo hitro izgubljam. Lahko pride tudi do morebitnih napak pri izhodu iz vrija, kar nam še podaljša čas vrija in s tem izgubo višine.

Napake pri uvajanju v vrij

- Hitrost uvajanja v vrij je večja od 65 KTS; letalo bo po potegu palice na sebe, pokazalo tendenco vzpenjanja, če pa je hitrost le prevelika lahko pride do dinamičnega tonoja (ang. Snap Roll). Os okrog katere se letalo vrti v vriju tedaj ni vertikalna. Tudi hitrost avtorotacije v vriju je odvisna od začetne hitrosti vrija kar rezultira tudi pri zamudah pri izhodu iz vrija. Nepravilnosti se lahko znebimo s pravilno hitrostjo uvajanja v vrij.
- Še posebej se prejšnja napaka stopnjuje s pregrobim potegom palice na sebe. Skoraj zagotovo bo prišlo do dinamičnega tonoja. Dinamični toni se ustavlja na popolnoma enak način kot vrij. Zavedati se moramo, da so hitrosti vrtenja okrog vseh osi letala znatno večje kot v vriju (pri letalu Z-242 dinamični toni pri hitrosti 90 KTS traja le okrog 2 sekundi). Zato moramo biti tudi mi samo dosti hitrejši. Najboljše je preprečiti dinamični toni z odmerjenim pilotiranjem. Če pa vseeno pride do dinamičnega tonoja je najpomembnejše, da po zaustavljanju letalo čimprej stabiliziramo v horizontalnem letu.
- Premajhen poteg palice na sebe povzroči, da letalo hitro spusti nos pod horizont, zmanjša vpadni kot, pospeši in preide v normalne režime leta. Uvajanje v vrij ni več mogoče. Zelo moramo paziti, da nam letalo ne pospeši. Napako popravljamo tako, da letalo čimprej prevedemo v horizontalni let in ponovimo cel postopek uvajanja v vrij.
- Premajhno potiskanje pedala v smer rotacije; če je potiskanje nezadostno se bo letalo obnašalo kot pri navadnem prevlečenem letu brez moči motorja. Dvignilo bo nos do popolne izgube vzgona, nato omahnilo pod horizont in pridobilo hitrost, nato spet omahnilo. Popravljanje napake je enako kot pri prevlečenem letu.

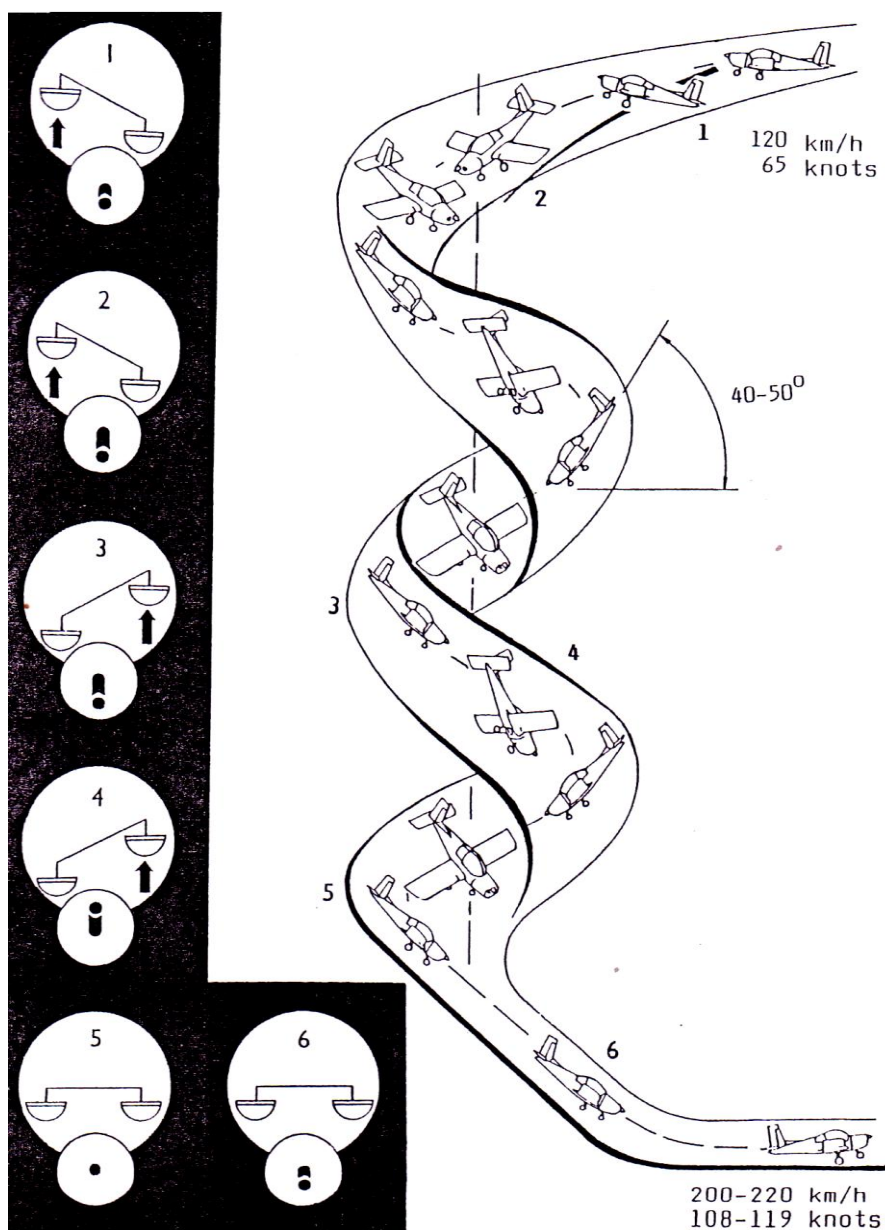
Napake pri vodenju vrija

- Nezadrževanje komand v položaju za vodenje vrija; če med vrijem popuščamo komande ima skoraj vsako letalo težnjo, da samo zaustavi vrij. Pri Z-242 L pa temu vedno ni tako. Z – 242L je danes eno redkih letal, ki samo vzpostavi takšne sile na komandnih površinah, da bo vztrajalo v vriju vse dokler ga namerno ne zaustavimo. Spreminjanje položaja komand ima le manjši vpliv na vrij. Če potiskamo samo nasprotni pedal, bo avtorotacija za trenutek prenehala, takoj nato pa bo letalo že svedralo v nasprotnem vriju. Popuščanje palice med prvim obratom (ko letalo še ni stabiliziralo vrija) bo navadno dovolj, da bomo letalo prevedli na manjše vpadne kote in s tem izven območja vrija.
- Zmedenost; lahko se zgodi, da nas zavede nepozornost in slab razpored pozornosti tako, da ne sledimo vrtenju letala. Če izgubimo orijentir ali pozabimo za koliko obratov smo se že obrnili, takoj začnemo z izhodom iz vrija. To napako lahko preprečimo tako, da zavestno štejemo obrate in se dobro pripravimo na zaporedje dogodkov že pred letom.

Napake pri izhodu iz vrija

- Premajhno potiskanje pedala v nasprotno smer rotacije v vriju; letalo se bo leno odzivalo na ustavljanje avtorotacije. V skrajnem primeru se lahko zgodi, da se avtorotacija sploh ne bo ustavila.
- Premajhen ali prevelik odklon palice; pri premajhnem potiskanju palice naprej letalo ne bo imelo pogojev za zmanjšanje vpadnega kota in pridobivanje hitrosti. Ostalo bo v stalnih pogojih prevlečenega leta in s tem v področju avtorotacije. Pri prevelikem potiskanju palice naprej, pa bo letalo, po zaustavljanju avtorotacije in s prirastom hitrosti, imelo velik moment na nos, kar se pokaže kot težnja k hrbtnemu položaju preko nosu. Pomembno je, da je potiskanje palice naprej ravno pravšnje.
- Prepozno vračanje pedal v nevtralni položaj po zaustavljanju avtorotacije; Če pedal ne vrnemo v pravi položaj pravočasno, še posebej, če palica ni v sprednjem položaju, se lahko zgodi, da letalo preide v drugo stran vrija. Če se to zgodi, ponovimo postopek ustavljanja vrija, vendar sedaj za nasprotno stran vrtenja.
- Nedodajanje moči motorja po zaustavljanju avtorotacije; prirast hitrosti bo počasnejši in samo na račun izgube višine (energetska bilanca). Dodajanje moči je še posebej pomembno na majhnih višinah, ko se trudimo, da izgubimo čim manj višine.
- Premajhna hitrost in pregrobo prevajanje letala iz strmoglavega leta v horizontalni let; pri enem ali drugem nam grozi ponovno prevlečenje letala zaradi povečanja vpadnega kota, kar je zelo nevarno na majhnih višinah.

Slika 7: Skica prikaza izvedbe vrija



Vir :Flight manual of the ZLIN Z 242L Aircraft, DOC. No: 003.012 1993

3.2.2 Obrat čez krilo

Opis

Obrat čez krilo je manever pri katerem izgubimo višino, spremenimo smer leta za 180° in pridobimo hitrost. Za izvedbo obrata čez krilo najprej naredimo pol tonoja, do hrbtnega položaja, in nato še pol pentlje navzdol.

3.2.2.1 Izvajanje obrata čez krilo

Priprava

V pripravi moramo narediti naslednje:

- prvi del priprave je enak kot pod točko 3.2.1.1 do označene puščice, nato še:
- izberemo orientirno linijo
- preverimo višino
- opazujemo zračni prostor
- dodamo moč do polne moči motorja
- pospešimo do 110KTS

Uvajanje

- S potegom palice na sebe postavimo kot vzpenjanja 20° če se bomo obračali v levo in 25°, če se bomo obračali v desno.
- Zaustavimo letalo v zahtevanem kotu vzpenjanja.
- Počakamo, da hitrost pade na 90 KTS.
- S potiskanjem palice v željeno stran obračanja začnemo s poltonojem.
- Zaustavimo letalo v hrbtnem položaju.
- Preverimo, da je letalo brez nagiba in v pravi smeri
- Pri hitrosti okrog 75 KTS začnemo z vlečenjem palice na sebe.

Vodenje

- Med vodenjem letala po spuščajočem delu pentlje pazimo, da smo brez nagiba.
- Cenimo smer letala in jo po potrebi popravljamo.
- Pazimo na prirast hitrosti in učinkovitost komand. Vzdrževati moramo 3,5g – 4g in vzdrževati kroglico na sredini (potiskamo pedal).
- Po prehodu iz hrbtnih položajev v normalne začnemo za oceno prirasta hitrosti in temu primerno odrejamo obremenitev.
- Potrebno izhodno hitrost počakamo v kotih spuščanja med 45° in 30°.

Izhod iz manevra

- 10 KTS pred željeno izhodno hitrostjo začnemo z izravnavanjem letala.
- Letalo privedemo v horizontalni položaj, brez nagiba, v zadani smeri leta in z ustaljeno izhodno hitrostjo.
- Izhodna hitrost je običajno 140 KTS, vendar je odvisna od tega katera hitrost se zahteva za naslednjo figuro. Med izvajanjem obrata čez krilo z letalom Z-242L navadno izgubimo okrog 600 ft višine.

3.2.2.2 Napake pri izvajanju obrata čez krilo in njihovo popravljanje

Napake v pripravi

- Izbira točkastega orientirja; ne bomo imeli orientacije v drugi polovici manevra, ko se zamenja smer za 180°. Zato je nujno izbirati linijski orientir.
- Nепreverjanje višine. Napaka je zelo nevarna, ker celoten manever poteka proti zemlji in lahko pomeni nevarnost zaradi prenizkega izhoda iz manevra.
- Izvajanje manevra brez orientirja; med poletom nimamo nikakršne kontrole smeri.
- Premajhna hitrost; če je hitrost manjša od 110 KTS bomo takoj po postavljanju kota navzgor imeli hitrost za začetek poltonoja ali celo manjšo. Zelo verjetno je, da letalo sploh ne bo več upravljivo in bo dobesedno omahnilo pod horizont. Tedaj letala sploh ni moč voditi po zaželeni krivulji polovice pentlje.
- Prevelika hitrost; v hrbtnem položaju bomo morali čakati dlje, da bo hitrost padla na zahtevanih 75 KTS.

Napake pri uvajanju

- Prevelik ali premajhen kot navzgor; pri prevelikem kotu navzgor se moramo zavedati, da bo hitrost padla zelo hitro in da bo potrebna dosti večja pot do kotov spuščanja, ko bo hitrost spet začela naraščati. Pri premajhnem kotu pa se zgodi, da bomo že po poltonoju končali v hrbtnem spuščajočem položaju. Tedaj začnemo s takojšnjim vlečenjem palice in preverjanjem letala v normalne kote spuščanja. Po potrebi tudi zmanjšamo moč motorja.
- Nezadrževanje kota vzpenjanja; po postavljanju kota vzpenjanja moramo letalo zadržati v tem položaju in šele nato začeti z vrtenjem okrog vzdolžne osi.
- Zavijanje iz smeri med obračanjem v poltonoju; vzrok za to je nekoordinacija komand. Najverjetneje nismo dali palice proti položaju za nični vzgon pri prehodu položaja » na nož«. Če pa smo med poltonojem uporabljali nožne komande, je lahko vzrok v prepoznem vračanju pedal v nevtralni položaj.
- Nagib v hrbtnem položaju; nagib popravimo tako, da potisnemo palico proti spuščnemu krilu.

Napake pri vodenju

- Pregrobo vlečenje palice; letalo bo v prevlečenem letu. Dovolj je, če le za trenutek držimo palico v danem položaju in počakamo, da znaki prevlečenega leta izginejo. Nato nadaljujemo z vlečenjem palice s tolikšno mero, da letala ne privedemo ponovno v takšne pogoje.
- Nagib; letalo se bo gibalo po krivulji, ki opisuje poševno pentljo. Na primer, pri levem nagibu v hrbtnem položaju (levo krilo je višje nad horizontom kot desno), bo smer izhoda iz manevra desno od zadane smeri (kurz bo večji). Na ta način v analizi tudi najlažje ugotovimo kateri nagib je bil vzrok za dano smer izhoda iz manevra. Najlažje

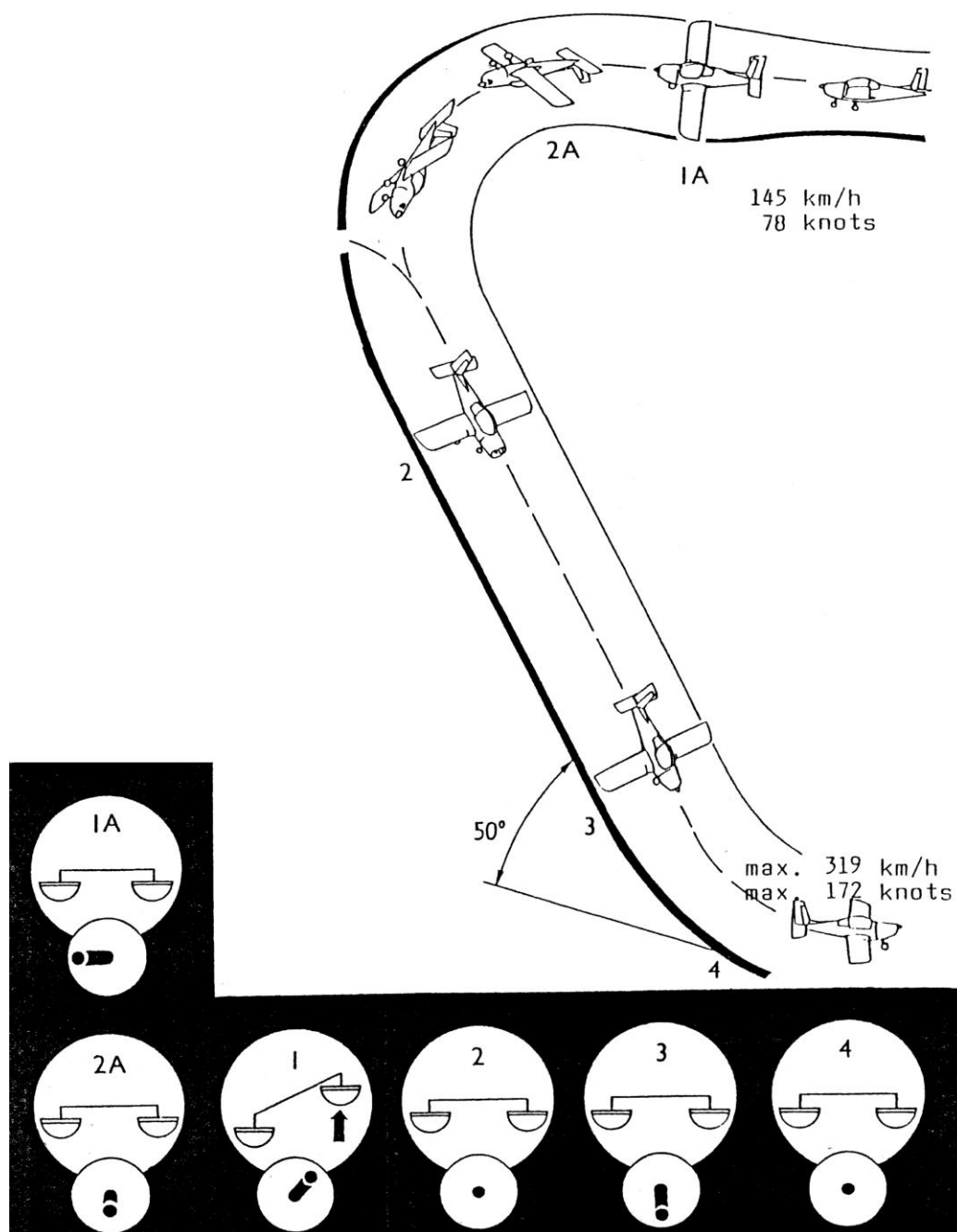
je, če začnemo polpentljo brez nagiba. Nagib je možno prepoznati le dokler vidimo horizont ali orientir na tleh. V položajih, ki so blizu vertikali navzdol, nagiba ne moremo prepoznati. Letalo vedno vodimo tako, da je vzporedno z linijskim orientirjem, če že ni mogoče, da smo točno nad njim. Pravilo pravi, da pilotiramo tako, da letalo vedno »vlečemo« proti orientirju.

- Prevelika ali premajhna obremenitev; če premalo vlečemo palico na sebe med polpentljo se bo zgodilo, da bo letalo v prvi polovici spuščanja letelo bolj balistično, v drugi polovici pa bo prirast hitrosti zelo hiter in zelo velik. Zelo velike bodo tudi izgube višine. Nikoli se ne čaka na prirast hitrosti v vertikali navzdol. Normalna obremenitev na koncu manevra dosega 3.5g do 4g.
- Nekoordinacija komand; zaradi spremembe hitrosti je potrebno ves čas popravljati položaj smernega krmila. Kroglica mora biti ves čas v sredini. S padcem hitrosti potiskamo pri vseh desnosučnih propelerjih desni pedal in s prirastom hitrosti levi pedal. Če ne koordiniramo komand bo letalo letelo v drsenju, kar vpliva v največji meri na smer.

Napake pri izhodu iz manevra

- Prevelika ali premajhna hitrost; napaka nastane zaradi slabe ocene prirasta hitrosti. Pri kotu spuščanja 30° je dovolj, če začnemo s prevajanjem letala v horizontalni položaj 10 KTS pred zadano hitrostjo.
- Letalo nismo privedli v horizontalni položaj v zadanem režimu leta. Popravljanje napake je enako kot pri režimih leta
- Po izhodu iz manevra vedno preverimo hitrost, smer, višino in horizontalni položaj letala. To je pomembno pri uvajanju v naslednji manever.

Slika 8: Skica prikaza obrata čez krilo



Vir: Flight manual of the ZLIN Z 242L Aircraft, DOC. No: 003.012 1993

3.2.3 Obrat na krilo

Opis

Obrat čez krilo je manever pri katerem izgubimo višino, spremenimo smer leta za 90° in pridobimo hitrost. Za izvedbo obrata na krilo najprej naredimo pol tonoja do hrbtnega položaja, in nato še pol pentlje navzdol.

3.2.3.1 Izvajanje obrata na krilo

Priprava

V pripravi moramo narediti naslednje:

- prvi del priprave je enak kot pod poglavjem 3.2.1.1 do označene puščice, nato še:
- izberemo orientirno linijo°(levo in desno)
- preverimo višino
- opazujemo zračni prostor
- kontrola kabine
- dodamo moč do polne moči motorja
- pospešimo do 105KTS

Uvajanje

- S potegom palice na sebe postavimo kot vzpenjanja 15°- 20.
- Zaustavimo letalo v zahtevanem kotu vzpenjanja.
- Počakamo, da hitrost pade na 90 KTS.
- S potiskanjem palice v željeno stran obračanja začnemo manever.
- Pri hitrosti 90KTS začnemo dodajati nagib.
- Prvih 45° peljemo nos letala po horizontu.
- Sledi 60° nagib, zatem povečamo nagib do 90° pri tem smo pozorni da nam hitrost ne pade pod 80KTS

Vodenje

- Cenimo smer letala in jo po potrebi popravljamo.
- Pazimo na prirast hitrosti in učinkovitost komand. Kroglico moramo vzdrževati na sredini, (potiskamo pedal).
- Potrebno izhodno hitrost počakamo v kotih spuščanja med 25° - 30°.

Izhod iz manevra

- 10 KTS pred željeno izhodno hitrostjo začnemo z izravnavanjem letala.
- Letalo privedemo v horizontalni položaj, brez nagiba, v zadani smeri leta in z ustaljeno izhodno hitrostjo.
- Izhodna hitrost je 140 KTS, vendar je odvisna od tega katera hitrost se zahteva za naslednjo figuro.

3.2.3.2 Napake izvajanja obrata na krilo in njihovo odpravljanje

Napake v pripravi

- Izбира točkastega orientirja; ne bomo imeli orientacije v drugi polovici manevra, ko se zamenja smer za 90°, zato je nujno izbirati linijski orientir.
- Izvajanje manevra brez orientirja; med celotnim poletom nimamo nobene kontrole smeri.
- Premajhna hitrost; če je hitrost manjša od 105 KTS bomo takoj po postavljanju kota navzgor imeli premajhno hitrost. Zelo verjetno je, da letalo sploh ne bo več upravljivo in bo dobesedno omahnilo pod horizont. Tedaj letala sploh ni moč voditi po zaželeni krivulji polovice pentlje.

Napake pri uvajanju

- Prevelik ali premajhen kot navzgor; pri prevelikem kotu navzgor se moramo zavedati, da bo hitrost padla zelo naglo in da bo potrebna veliko večja pot do kotov spuščanja, ko bo hitrost spet začela naraščati. Tedaj začnemo s takojšnjim vlečenjem palice in prevajanjem letala v normalne kote spuščanja. Po potrebi tudi zmanjšamo moč motorja.
- Nezadrževanje kota vzpenjanja; po postavljanju kota vzpenjanja moramo letalo zadržati v tem položaju, in šele nato začeti z manevrom.
- Zavijanje iz smeri med obračanjem; vzrok za to je nekoordinacija komand.

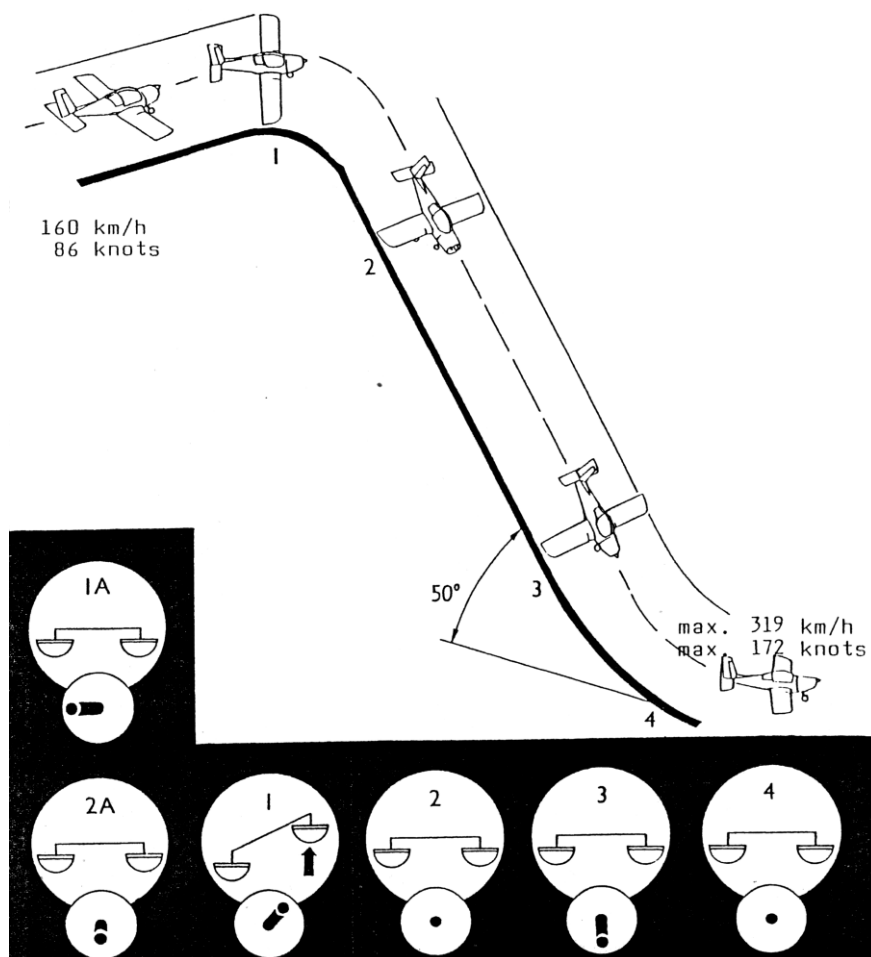
Napake pri vodenju

- Pregrobo vlečenje palice; letalo bo v prevlečenem letu. Dovolj je, če le za trenutek držimo palico v danem položaju in počakamo, da znaki prevlečenega leta izginejo. Nato nadaljujemo z vlečenjem palice s tolikšno mero, da letala ne privedemo ponovno v enake pogoje.
- Letalo vedno vodimo tako, da je vzporedno z linijskim orientirjem, če že ni mogoče da smo točno nad njim. Pravilo pravi, da pilotiramo tako, da letalo vedno »vlečemo« proti orientirju.
- Prevelika ali premajhna obremenitev; če premalo vlečemo palico na sebe se bo zgodilo, da bo letalo v prvi polovici spuščanja letelo bolj balistično, v drugi polovici pa bo prirast hitrosti zelo hiter in zelo velik. Zelo velike bodo tudi izgube višine. Nikoli se ne čaka na prirast hitrosti v vertikali navzdol.
- Nekoordinacija komand; zaradi spremembe hitrosti je potrebno ves čas popravljati položaj smernega krmila. Kroglica mora biti ves čas v sredini. S padcem hitrosti potiskamo pri vseh desnosučnih propelerjih desni pedal in s prirastom hitrosti levi pedal. Če ne koordiniramo komand bo letalo letelo v drsenju, kar vpliva v največji meri na smer.

Napake pri izhodu iz manevra

- Prevelika ali premajhna hitrost; napaka nastane zaradi slabe ocene prirasta hitrosti. Pri kotu spuščanja 25° je dovolj, če začnemo s prevajanjem letala v horizontalni položaj 10 KTS pred zadano hitrostjo.
- Letalo nismo privedli v horizontalni položaj v zadanem režimu leta. Popravljanje napake je enako kot pri režimih leta
- Po izhodu iz manevra vedno preverimo hitrost, smer, višino in horizontalni položaj letala. To je pomembno pri uvajanju v naslednji manever.

Slika 9:Skica obrata na krilo



Vir: Flight manual of the ZLIN Z 242L Aircraft, DOC. No: 003.012 1993

3.2.4 Pentlja – looping

Opis

- Pentlja je manever, pri katerem z letalom opišemo pot v vertikalni ravnini, ki je najbolj podobna pentlji. Manever začnemo v določeni smeri, z določeno hitrostjo in višino ter ga končamo v enaki smeri, na enaki višini in z enako hitrostjo. V praksi z letalom Z – 242L zaradi energetskih izgub vedno izgubimo tudi nekaj višine (= 100ft). Pri letalih z dovolj močnim motorjem lahko višino celo pridobivamo (npr. Pitts Special, PC – 9). Letalo Z – 242L, pri pravilno izvedeni pentlji, opiše pot pri kateri je najvišja točka 600 ft nad spodnjo.

3.2.4.1 Izvajanje pentlje

Priprava

V pripravi moramo narediti naslednje:

- Prvi del priprave je enak kot pod točko 3.2.1.1 do označene puščice, nato še:
- izberemo orientirno linijo
- preverimo višino
- opazujemo zračni prostor
- povečamo moč do polne moči
- pospešimo do hitrosti za uvajanje v pentljo 140 KTS
- letalo mora biti v horizontalnem položaju, še posebej je pomembno, da je brez nagiba

Uvajanje

- Pri hitrosti za začetek uvajanja v pentljo z vlečenjem palice na sebe vzpostavimo pospešek 3,5g do 5g.
- Pazimo, da ne dajemo nagiba.

Vodenje

- Dokler je še mogoče, zaradi vidnosti horizonta kontroliramo nagib letala.
- Zaradi zmanjševanja hitrosti prihaja do bolj izraženega delovanja zračnega toka izza propelerja, zato je potrebno potiskati desni pedal in s tem zadržati kroglico na sredini
- V vertikali navzgor lahko preverimo koordinacijo komand z oceno položaja kril glede na horizont. Levo in desno krilo morata biti enako oddaljeni od horizonta. Položaj popravljamo tako, da potisnemo pedal, ki je nasproten spuščnemu krilu (npr. desno krilo je nižje – potisnemo levi pedal).
- S padcem hitrosti se zmanjšujejo tudi sile na palici. Potrebno je palico stalno vleči na sebe, da se doseže obremenitev, karseda blizu 3.5g – 4g. Zavedati se moramo, da to pod določeno hitrostjo ni več mogoče. Paziti moramo tudi na dinamično prevlečenje letala.
- Po prehodu vertikale opazujemo približevanje hrbtnemu položaju. Ocenimo nagib ter smer in ju po potrebi popravimo. Hitrost v hrbtnem položaju mora biti približno 60 KTS, če smo obdržali pravilno obremenitev in imeli pravilno hitrost pri uvajanju v pentljo.
- Po prehodu hrbtnega položaja moramo zaradi majhne hitrosti ravnati s palico zelo pazljivo, vendar moramo letalo ves čas voditi.

- Po prehodu vertikale navzdol začnemo z oceno smeri, popravljanjem položaja letala in z oceno prirasta hitrosti.
- Zaradi prirasta hitrosti bodo komande spet efikasnejše. Potrebno bo vzdrževati obremenitev 3.4g – 4g in popuščati desni pedal.
- Zadano hitrost izhoda iz manevra cenimo v kotih spuščanja 45° do 30°.

Izhod iz pentlje

- 10 KTS pred zadano hitrostjo izhoda iz pentlje začnemo s prevajanjem letala proti horizontalnemu položaju.
- Pri izhodu iz pentlje mora letalo imeti enako smer kot pri uvajanju, enako hitrost (razen, če hitrostni ne prilagajamo naslednjemu manevru v katerega bomo uvajali iz pentlje, npr. Za immelman 150 KTS), ter višino manjšo za približno 100ft. Letalo mora biti brez nagiba in v horizontalnem letu.

3.2.4.2 Napake pri izvajanju pentlje in njihovo odpravljanje

Napake v pripravi

- Letenje brez linijskega orientirja; ne moremo ocentiti prave smeri gibanja, ne moremo prepoznati morebitnih napak po nagibu.
- Premajhna hitrost; če je hitrost za uvajanje premajhna nam bo zmanjkalo hitrosti v zgornji točki, v mejnih primerih pa zgornje točke sploh nikoli ne bomo dosegli. Bolje je imeti preveliko hitrost.
- Nagib; letalo ne bo opisalo pentlje v vertikalni ravnini, pač pa v poševni. Dobili bomo poševno pentljo.

Napake pri uvajanju

- Pri postavljanju obremenitve vlečemo palico tudi v stran; napaka je zelo pogosta. Povzroča nam nagib in s tem zavijanje s smeri, v končni fazi pa tudi let po poševni pentlji. Potrebno je opazovati horizont in čimprej zaznati vsako povečanje nagiba, dokler je to še mogoče.
- Pregrobo postavljanje obremenitve; lahko pride do dinamičnega prevlečenja letala. Za trenutek zadržimo komandno palico v danem položaju, počakamo, da predznaki prevlečenja minejo ter nadaljujemo z izvajanjem pentlje.

Napake pri vodenju

- Nekoordinacija komand; povzroča nam zavijanje iz smeri ter s tem bočni odmik od zadanega linijskega orientirja. Nekoordinacijo najlažje prepoznamo, če ocenimo položaj kril glede na horizont v položajih blizu vertikale navzgor. Napako popravljamo tako, da obe krili dovedemo v enak položaj glede na horizont s potiskanjem pedal. Vedno potiskamo pedal na tisti strani, kjer je krilo nad horizontom, (npr. Desno krilo je višje – potisnemo desni pedal).
- Premajhno vlečenje palice na sebe; z zmanjševanjem hitrosti pada učinkovitost komand. Poznamo dejstvo, da imajo komande svoj količnik moči. Da bi obdržali enak moment vzdolž prečne osi letala s padcem hitrosti, moramo palico vleči na sebe vse do zgornje točke pentlje. Vzdrževati moramo tolikšno obremenitev, da nam bo

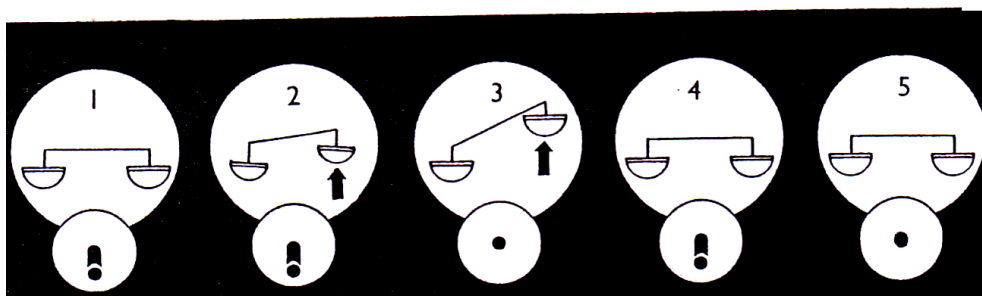
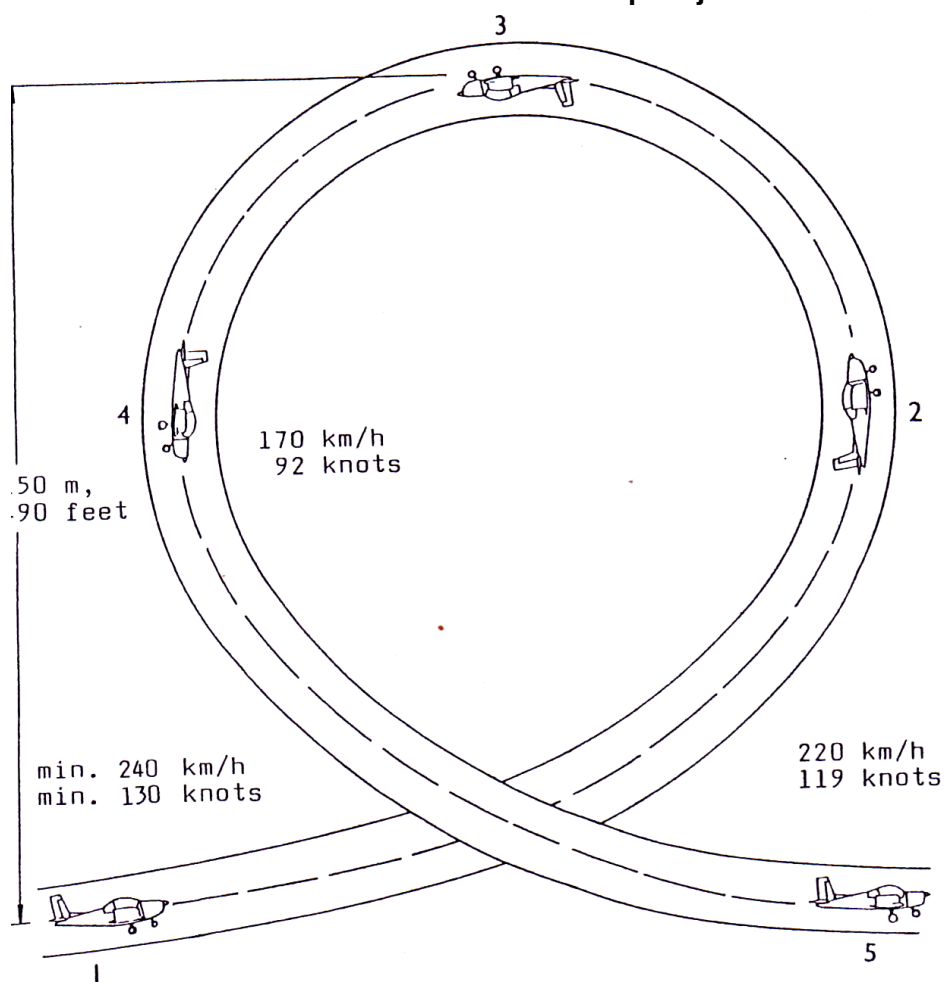
zagotovila hitrost v zgornji točki približno 60 KTS in da letala dinamično ne prevlečemo.

- Premajhna hitrost v zgornji točki; vzroka sta lahko dva. Prvi je premajhna hitrost na uvajanju v pentljo, drugi pa je premajhna obremenitev med vodenjem po pentlji. Prvo napako odpravimo že v pripravi. Prvo napako lahko odpravljamo tako, da primankljaj hitrosti ublažimo z večjo obremenitvijo. Večja obremenitev bo povzročila manjše pridobivanje višine in s tem manjšo izgubo hitrosti na račun višine (bilanca totalne energije). Istočasno pa velja, da so za večji pospešek potrebni večji vpadni koti, z njimi pa so povezani večji količniki upora. Potrebno je najti kompromis, pri kateri hitrosti sploh še uvajati letalo v pentljo. Premajhna obremenitev pa se odpravlja s pravočasnim vlečenjem palice na sebe, tj. dodatnim odklankanjem višinskega krmila. Če dosežemo zgornjo točko s premajhno hitrostjo, se bo letalo gibalo po balistični krivulji, v hrbtnem položaju, navzdol. S palico moramo biti zelo umirjeni, ker lahko pridemo v pogoje prevlečenega leta pa tudi učinkovitost ni prav velika zaradi majhne hitrosti.
- Nagib; hrbtni položaj izrabimo za oceno nagiba in smeri, ker takrat spet vidimo horizont in orientir pod nami. Nagib nam povzroča zavijanje iz smeri in nagibanje po poševni pentlji. Nagib popravljamo tako, da s palico navidezno podpremo spuščeno krilo, tj. palico damo v stran tistega krila, ki je nižje pod horizontom.
- Smer; na hrbtu ocenimo tudi smer. Tedaj že lahko vidimo kam je usmerjen nos letala. Če nam je zadani linijski orientir v hrbtnem položaju levo od nosu letala pomeni, da smo imeli desni nagib in obratno. Smer letenja popravljamo tako, da z nagibom letalo dovedemo vzporedno z orientirjem in šele v normalnih kotih spuščanja manevriramo tako, da letalo dovedemo iznad orientirja. Pravilo nam govori, da po prehodu zgornje točke letalo vedno vlečemo proti orientirju.
- Zadrževanje v vertikali navzdol; Povzroči nekontroliran in nagel prirast hitrosti, povezan z veliko izgubo višine. Posledica tega je, da moramo za doseg pravilne izhodne hitrosti uporabiti pospeške veliko večje od 4g. Za pomoč pri pilotiranju lahko odčitamo hitrost skozi vertikalo navzdol, ki naj bi bila 100 KTS.

Napake pri izhodu iz pentlje

- Prevelika ali premajhna hitrost; vzrok napake se nahaja med vodenjem pentlje v zadnji fazi, običajno po prehodu vertikale navzdol. Že med vodenjem je potrebno letalo čimprej dovesti v normalne kote spuščanja in tam oceniti prirast hitrosti.
- Vzpenjanje ali spuščanje po zaključku pentlje; truditi se moramo, da je letalo v horizontalnem položaju. Paziti moramo, da je hitrost velika in zato letalo zahteva veliko manjši vpadni kot za horizontalni let. Zato bo tudi manjši kot nosu proti horizontu.
- Smer leta; manevriramo tako, da letalo dovedemo v smeri iznad linijskega orientirja.
- Nagib; letalo mora biti brez nagiba še posebej pred uvajanjem v naslednji manever.

Slika 10: Skica izvedbe pentlje



Vir: Flight manual of the ZLIN Z 242L Aircraft, DOC. No: 003.012 1993

3.2.5 Immelman

Opis

- Immelman je manever, ki nosi ime po slavnem asu Max-u Immelman-u. Z maneverom spremenimo smer leta za 180° in pridobimo na višini leta. Dejansko je imelman sestavljen iz prve polovice pentlje in iz druge polovice tona. Pri Z-242L pridobimo okrog 600 ft višine.

3.2.5.1 Izvajanje immelmana

Priprava

- V pripravi moramo narediti naslednje:
- prvi del priprave je enak kot pod točko 3.2.1.1 do označene puščice, nato še:
- izberemo orijentirano linijo
- preverimo višino
- opazujemo zračni prostor
- povečamo moč do polne moči
- pospešimo do 150 KTS

Uvajanje v immelman

- Z vlečenjem palice na sebe postavimo obremenitev 4g do 5g.
- Pazimo, da z vlečenjem palice ne dajemo nagiba.

Vodenje

- Pri prvih stopinjah kota navzgor še lahko kontroliramo nagib po horizontu do takrat, ko horizonta več ne vidimo.
- Zaradi zmanjševanja hitrosti moramo paziti na koordinacijo komand in stalno potiskati desni pedal v tolikšni meri, da je kroglica ves čas na sredini.
- Vertikalo navzgor izkoristimo za kontrolo koordinacije komand po horizontu. Položaj popravljamo tako, da s potiskanjem pedal privedemo levo in desno v enak položaj glede na horizont (kot pri pentlji).
- Pomembno je, da letalo ves čas vodimo z obremenitvijo, karseda blizu 4 - 5g. Ta pospešek nam zagotavlja hitrost v zgornji točki immelmana med 70 – 80 KTS.
- V približevanju zgornji točki opazujemo horizont in glede na njega delamo potrebne korekcije smeri in nagiba.
- Ko se rob propelerjevega kroga dotakne horizonta, začnemo z zaustavljanjem polpetlje. Palico moramo potisniti naprej, da bi lahko letalo zadržali v opisanem položaju. Sila na palici, ki je potrebna za vzdrževanje položaja na hrbtu je dokaj velika. Tak položaj omogoča hrbtni leti in pospeševanje letala. V tem položaju preverimo hitrost. Če je veliko manjša od 80 KTS, pri tej hitrosti izvajamo poltono. Počakamo, da naraste. Letalo bo na polni moči normalno pospeševalo. Paziti moramo le, da nam ne uide pod horizont. V prvih vajah je dopustno, da se poltono izvaja v blagem kotu spuščanja.
- Po zaustavitvi letala v hrbtnem položaju postavimo palico v željeno stran obračanja v poltonoju. Tehnika obračanja je enaka kot v počasnem tonaju. Paziti moramo na položaj palice. Namreč, pri položaju $\frac{3}{4}$, bo odklon palice, ki je bil potreben za hrbtni položaj

povzročal zavijanje letala po smeri. Palico moramo premakniti proti sebi v tolikšni meri, da položaj krmila zagotovi vpadni kot ničtega vzgona na krilu. V tem položaju nos letala teži k temu, da pade še bolj pod horizont. To preprečimo s potiskanjem zgornjega pedala, glede na horizont. Vendar pozor, ko se letalo približuje normalnim položajem, odklon pedala povzroča odklon smeri. Zato je treba paziti, da se pedal pravočasno popušča proti normalnemu položaju, ki zagotavlja kroglico v sredini. Vsekakor pa lahko obrat v poltonoju opravimo dovolj dobro tudi brez uporabe nožnih komand. V tem primeru se bo letalo gibalo po poti, ki je bolj podobna sodčku in končalo svoje vrtenje v večjem kotu navzdol. Kdaj bomo uporabili katero od tehnik, je odvisno od naših zahtev.

- Ves čas poltonoja se s koordinacijo komand trudimo, da letalo ostane v zadani smeri letenja.

Izhod iz immelmana

- Po končanem obračanju v poltonoju se letalo nahaja v blagem kotu spuščanja (navadno ne večjem od 15°) in s hitrostjo okrog 80 – 90 KTS. Z vlečenjem palice na sebe, letalo dovedemo v horizontalni let, variometer mora biti na "0".
- Po končanem immelmanu bomo torej imeli: smer letenja obrnjeno za 180° glede na začetno smer, višino leta večjo za 600 ft in hitrost med 80 – 90 KTS. Letalo se mora nahajati v horizontalnem letu, stabilizirano.

3.2.5.2 Napake pri izvajanju immelmana in njihovo popravljanje

Napake pri uvajanju

- Premajhna hitrost v zgornji točki imelmana bo tako majhna, da pravilno obračanje ne bo mogoče. Letalo se bo obrnilo po nekakšni krivulji, ki je še najbolj podobna zelo strmemu sodčku. Obračanje se bo končalo v zelo strmem kotu spuščanja. Če želimo letalo obdržati horizontalno, ga bomo v skrajnih primerih prevlekli v hrbtnem položaju, kar bo povzročilo samodejno obračanje proti normalnim položajem. Z-242L je zelo naravno stabilen.
- Letenje brez linijskega orijentiranja; nemogoče je kontrolirati pravilno smer leta.

Napake pri vodenju immelmana

- Nagib; posledica nagiba je gibanje po poševni pentlji. Napaka se najizraziteje pokaže v zgornji točki, ko se lahko orijentiramo po linijskem orijentirju. Napako popravljamo podobno kot v pentlji.
- Nekoordinacija komand; povzroča zavijanje iz smeri. Opazimo in popravimo jo lahko že v vertikali navzgor, najkasneje pa v zgornji točki. Letalo moramo vedno privedi v položaj, da je vzdolžna os letala vzporedna linijskemu orijentirju.
- Premajhna obremenitev; posledica je premajhna hitrost v zgornji točki immelmana. Če primerjamo pentljo, kjer lahko zgornjo točko 'balistično' preletimo tudi s hitrostjo 40 KTS, je v immelmanu zelo pomembno imeti hitrost približno 80 KTS. Pri tej hitrosti je namreč Z-242L še dokaj upravljiv okoli vzdolžne osi in dokaj enostavno lahko izvedemo poltono. Pri vsaki manjši hitrosti pa je letalo bolj leno po nagibu in poltono bo podoben nekakšni polovici zelo strmega spuščajočega sodčka.
- Premajhna hitrost v zgornji točki; posledica je težavno in nepravilno obračanje v poltonoju. Vzroka sta lahko premajhen pospešek ali premajhna začetna hitrost. Na oba vzroka moramo paziti že v fazah kjer lahko nastaneta ter ju odpraviti posamično. Vseeno pa lahko premajhno hitrost v zgornji točki odpravljamo med vodenjem vzajemno. Npr. če imamo premajhno začetno hitrost, povečamo obremenitev. Na ta

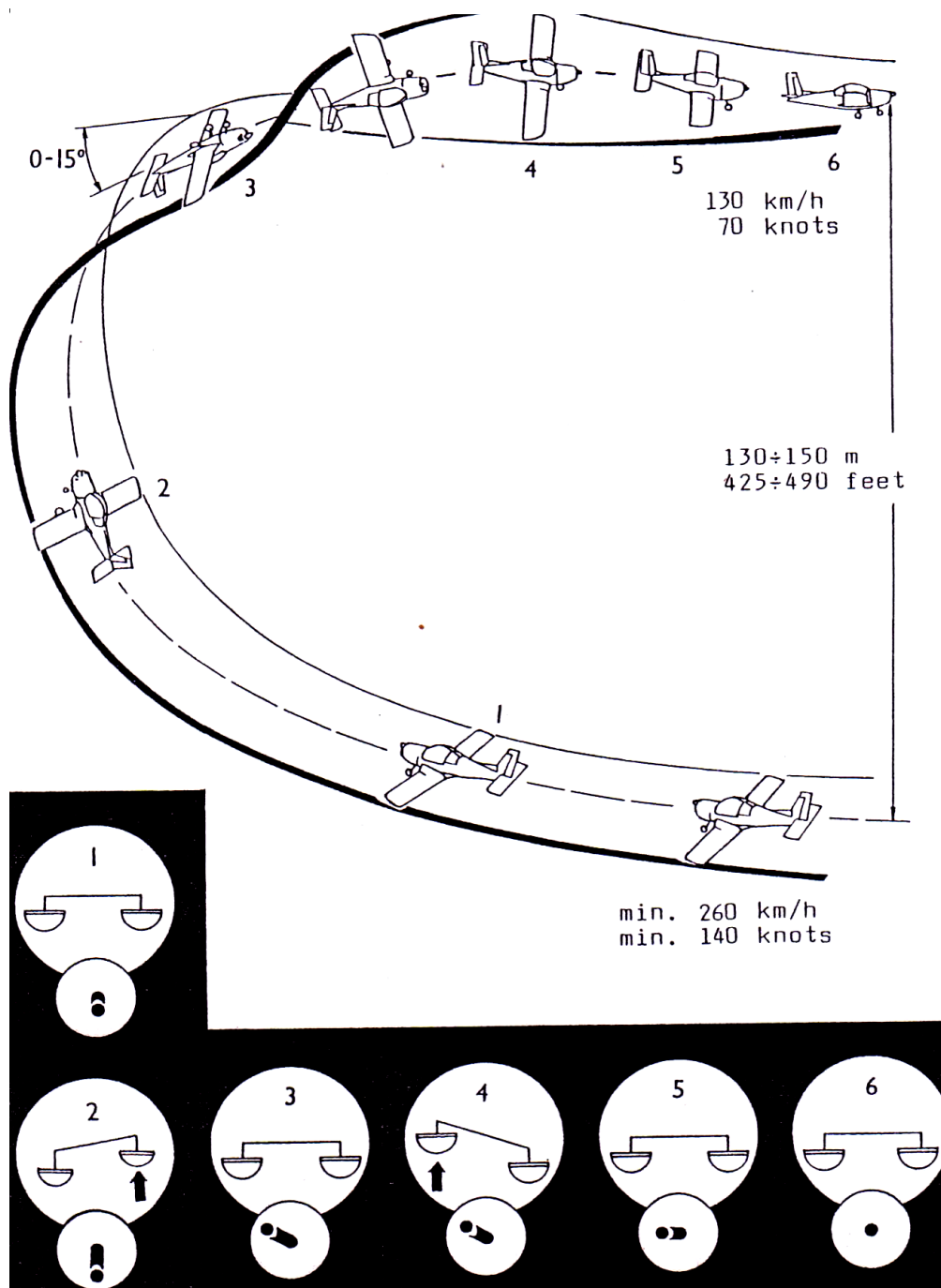
način dosežemo manjši prirast višine in zmanjšamo izgubo hitrosti na ta račun (bilanca totalne energije). Vedeti pa moramo, do katere minimalne hitrosti si še lahko privoščimo uvajanje v immelman in popravljane s povečevanjem pospeška.

- Zavijanje iz smeri med obračanjem v poltonoju; vzroka sta lahko dva. Prvi je, da med obračanjem, v položaju 3/4, nismo palice premaknili iz položaja za hrbtni let, v položaj za ničti vzgon. Drugi vzrok nastane, če smo med obračanjem uporabljali koordinacijo komand z nožnimi komandami in po prehodu položaja 3/4 nismo vrnili pedal v položaj za koordinirani pravolinijski let pri dani hitrosti. Potrebna je zelo velika zbranost v letu in zelo dobra motorična priprava na tleh, da bi lahko pravilno sledili spreminjanju položaja letala s pravilnim pilotiranjem. Tonoji veljajo za ene od najbolj zahtevnih elementov glede koordinacije komand.
- Prevelik kot navzdol po končanem obračanju v poltonoju; vzrok je lahko v prevelikem kotu spuščanja po končani polpentlji ali v premajhni hitrosti v zgornji točki immelmana. Če imamo prevelik kot spuščanja pred obračanjem in ne uporabljamo koordinacije z nožnimi komandami, se bo kot spuščanja le še povečal. Pri premajhni hitrosti ne moremo storiti veliko, da bi napako odpravili. Odpravimo jo lahko šele pri izhodu iz manevra.

Napake pri izhodu iz immelmana

- Dinamično prevlečenje letala; zavedati se moramo, da je hitrost v trenutku izhoda iz immelmana še vedno majhna. Zaradi tega moramo pilotirati z zelo odmerjenimi pomiki komand.
- Smer; izhod iz immelmana izrabimo še za zadnje korekcije smeri leta.

Slika 11: Skica prikaza izvedbe immelmana



Vir: Flight manual of the ZLIN Z 242L Aircraft, DOC. No: 003.012 1993

3.2.6 Bojni zavoj

Opis

- Manever se tako imenuje zato, ker ga uporabljamo za izhod iz klasičnih napadov na cilje na tleh. Bojni zavoj je manever za spremembo smeri za 180° in pridobivanje višine leta. V bojnem zavoju letimo kot v strmem ostrem vzpenjajočem zavoju. Z letalom Z-242L v bojnem zavoju pridobimo okrog 600 ft višine.

3.2.6.1 Izvajanje bojnega zavoja

Priprava

V pripravi moramo narediti naslednje:

- Prvi del priprave je enak kot pod točko 3.2.1.1 do označene puščice, nato še:
- izberemo orijentirno linijo
- preverimo višino
- opazujemo zračni prostor
- povečamo moč do polne moči
- pospešimo do hitrosti za uvajanje v bojni zavoj 140 KTS
- letalo mora biti v horizontalnem položaju

Uvajanje v bojni zavoj

- Z vlečenjem palice na sebe privedemo letalo do položaja vzpenjanja 30° nad horizont. Zaustavimo položaj. Letalo je brez nagiba, usmerjeno vzporedno z orijentirjem.
- Dodajamo nagib v željeno stran bojnega zavoja do nagiba 60° . Hitrost dodajanja nagiba naj bo 2:1, kar pomeni, da za 2° nagiba zavijemo za 1° po smeri. Torej, ko dosežemo nagib 60° moramo opraviti 30° poti po smeri. Z dodajanjem nagiba dodajamo tudi pospešek. Posepešek, ki ga rabimo za vodenje bojnega zavoja je 2g in je vesl čas zavoja enak.

Vodenje letala v bojnem zavoju

- Letalo vodimo po bojnem zavoju tako, da vzdržujemo enak položaj nosu nad horizontom. Najlažje si je zapomniti, kje se nahaja rob propellerskega kroga glede na horizont. Za pravi položaj nosu so potrebni pravi pospešek, nagib in rotacija letala okrog vzdolžne osi.
- Rotacija letala okrog vzdolžne osi; zamislimo si, da iz začetnega položaja letala v uvajanju začnemo z vlečenjem palice na sebe. S takšnim pilotiranjem smo letalu dodali le rotacijo okoli prečne osi. Iz tega vemo, da se bo letalo gibalo po poti, ki opisuje poševno pentljo. Da bi preprečili nastanek poševne pentlje, moramo letalo skozi celoten bojni zavoj rotirati okoli vzdolžne osi. Gibanje palice ne bo samo nazaj, temveč tudi v stran, nasprotno od strani zavoja. Bočni premik palice bo tolikšen, da bo zagotovil enako kotno hitrost okoli vzdolžne osi, kot je kotna hitrost v zavoju.
- Med celotnim zavojem, koordiniramo komande z uporabo pedal.

- Med zavojem, neprestano spremljamo približevanje orijentirju ter padec hitrosti. Pri pravilnem bojnem zavoju, bomo zavoj končali v zadani smeri s pravilno hitrostjo. Največkrat pa moramo popravljati prezgodnji padec hitrosti. Če vidimo, da je hitrost za 10 KTS večja od zadane hitrosti po koncu bojnega zavoja, tj. 80 KTS, spustimo nos letala do horizonta, s povečanjem nagiba pri nespremenjenem pospešku, ter nato nadaljujemo do orijentirja kot v ostrem zavoju. 30° pred smerjo zadanega orijentirja, začnemo s postopkom za izhod iz bojnega zavoja.

Izhod iz bojnega zavoja

- 30° pred zadanim orijentirjem imamo običajno hitrost 90 KTS. Začnemo z zmanjševanjem kota vzpenjanja s povečevanjem nagiba, vse dokler ni vzdolžna os letala v položaju za horizontalni let.
- Zmanjšujemo nagib in popuščamo pospešek (obremenitev). Palica se zato giblje v stran in naprej. S pedali koordiniramo tako, da je kroglica ves čas v sredini.
- Po zaključku bojnega zavoja mora biti letalo v horizontalnem položaju s hitrostjo 80 KTS, v zadani smeri leta, z višino večjo za 600 ft.

3.2.6.2 Napake pri izvajanju bojnega zavoja in njihovo odpravljanje

Napake v pripravi

- Letenje brez linijskega orijentirja ima za posledico nenatančen izhod iz manevra po smeri.
- Premajhna ali prevelika hitrost; pri premajhni hitrosti bomo prej izgubili hitrost in s tem pridobili manjšo višino. Pri preveliki hitrosti prej dosežemo smer, čeprav je hitrost še vedno večja od hitrosti izhoda. Napako lahko popravimo tako, da se že med vodenjem z letalom vzpenjamo po veliko bolj strmi krivulji kot 30° nad horizontom. Na ta način pridobimo večjo višino.

Napake v uvajanju

- Premajhen kot vzpenjanja; posledica in način popravljanja sta podobna kot pri preveliki hitrosti uvajanja v bojni zavoj.
- Povečevanje kota vzpenjanja; vzrok se nahaja v tem, da po postavljanju zahtevanega kota vzpenjanja tega tudi nismo zaustavili. Palica se še vedno nahaja odklonjena preveč nazaj. Napako popravljamo tako, da pri dodajanju nagiba, malo zamudimo s postavljanjem obremenitve. Nos bomo na ta način spustili v zahtevani položaj glede na horizont.
- Prevelik nagib; posledica je, da moramo vzdrževati večji pospešek. Za večji pospešek so potrebni večji vpadni koti, z njimi pa so povezani večji količniki upora. Izgube bodo večje in pridobljena višina bo manjša. Napako popravljamo tako, da nagib takoj zmanjšamo do predpisanega.

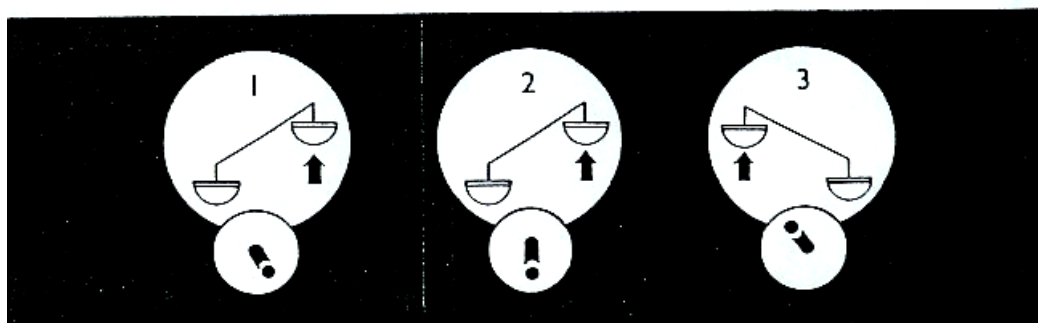
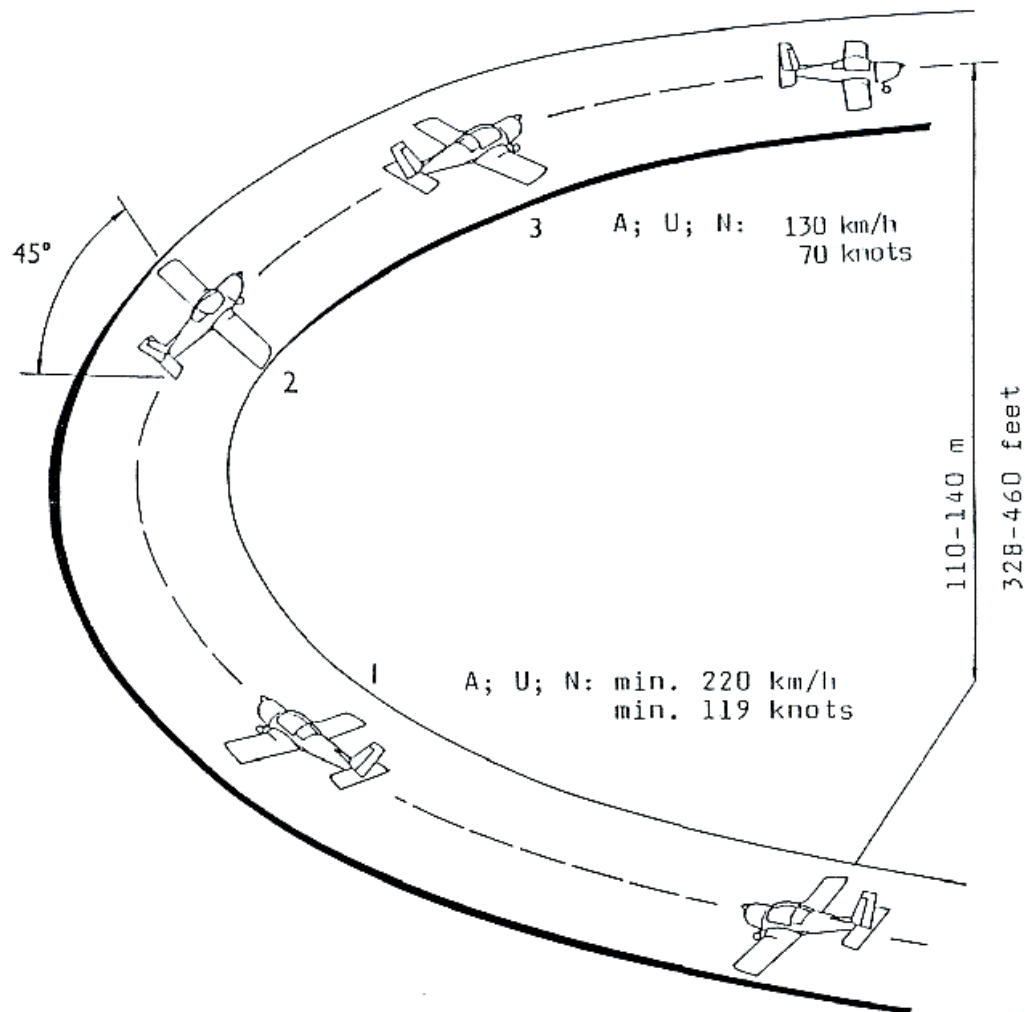
Napake pri vodenju

- Prevelik pospešek; letalo bo povečevalo kot vzpenjanja, posledica pa bo hiter padec hitrosti in prirast višine. Običajno ostanemo brez hitrosti pred zadanim orijentirjem. Napako popravljamo tako, da že med vodenjem povečujemo nagib in dovedemo nos letala v pravilni položaj glede na horizont in potem zmanjšamo še obremenitev.
- Premajhna obremenitev; potreben je manjši nagib, da bi letalo ohranilo svoj vzdolžni položaj glede na horizont. Dodamo nagib in vlečemo palico na sebe.
- Palice nismo dali v nasprotno stran zavoja; posledica je, da se letalo ne vrti okrog vzdolžne osi, pač pa samo okrog prečne in izvaja poševno pentljo. Napako prepoznamo po tem, da se povečuje kot vzpenjanja, zdi pa se nam, da se povečuje tudi nagib. Palico moramo odkloniti v stran nasprotno smeri zavoja toliko, da zagotovimo stalen položaj kril in nosu glede na horizont.
- Nespremljanje padca hitrosti in približevanja orijentirju; bojni zavoj zahteva več menjanja pozornosti, od opazovanja okolice letala do opazovanja merilca hitrosti. Če ne spremljamo hitrosti, se nam lahko zgodi, da bomo imeli v zgornjem delu zavoja letalo s premajhno hitrostjo in v pogojih dinamičnega ali statičnega prevlečenega leta. Nespremljanje približevanja orijentirju nam oteži pravilen izhod iz manevra in pravilno popravljanje napak.
- Padec hitrosti, preden smo dosegli orijentir; vzroki so lahko naslednji: premajhna hitrost uvajanja, prevelik kot vzpenjanja, prevelika obremenitev. Letalo spustimo do horizonta s povečanjem nagiba, nato nagib zmanjšamo na 60° ter nadaljujemo kot v ostrem zavoju vse do zadane smeri.

Napake pri izhodu iz bojnega zavoja

- Smer; zamudili smo z začetkom izravnave nagiba ali preveč potisnili pedal v stran zavoja, kar se vidi po položaju kroglice.
- Vzpenjanje; pri izravnavi nagiba nismo potiskali palice diagonalno naprej.
- Spuščanje; zamudili smo z zmanjševanjem nagiba po dovajanju nosu na horizont.

Slika 12: Skica prikaza izvedbe bojnega zavoja



Vir: Flight manual of the ZLIN Z 242L Aircraft, DOC. No: 003.012 1993

3.2.7 Tono

Opis

- Tono je obrat letala okrog vzdolžne osi s konstantno hitrostjo in z višino izhoda, enako višini vhoda v manever.

3.2.7.1 Izvajanje tonoja

Priprava

- Prvi del priprave je enak kot pod točko 3.2.1.1 do označene puščice, nato še:
- izberemo točkasti orijentir na horizontu
- preverimo višino
- opazujemo zračni prostor
- moč motorja na polno moč
- pospešimo do 110 KTS

Uvajanje

- Z vlečenjem palice na sebe vzpostavimo kot vzpenjanja 15° , če se bomo obračali v levo, oziroma 20° , če se bomo obračali v desno. Zaustavimo spreminjanje položaja letala.
- S potiskanjem palice v željeno stran, začnemo z rotacijo letala okrog vzdolžne osi.
- Tono lahko izvajamo z uporabo koordinacije s pedali ali brez. Berz koordinacije tono vrtimo hitreje. Na ta način zmanjšujemo spremembo vzdolžnega položaja letala. Pri uporabi koordinacije je vrtenje počasnejše, toda ne zaradi aerodinamičnih lastnosti pač pa namerno, ker le pri počasnem vrtenju lahko sledimo in koordinirano pilotiramo.
- Značilnost letala Z-242L je, da se različno odziva na komande za vrtenje v levo kot na vrtenje v desno. Vzrok je moment upora propelerja. Pri vrtenju v levo, se moment upora propelerja sešteva z momentom krilc ter tako pomaga pri vrtenju. Nasprotno se dogaja pri vrtenju v desno, ko se momenta odštevata.

Vodenje v tonoju

- Spremljamo vrtenje v željeno smer. Pogled je usmerjen v točko na horizontu. V približevanju položaju $\frac{1}{4}$ moramo začeti s popuščanjem palice proti položaju, ki daje vpadni kot ničtega vzgona. Če tega ne storimo, bo letalo zaradi sile vzgona začelo zavijati iz smeri. V tej fazi tudi preprečujemo spuščanje nosu letala pod horizont s potiskanjem 'zgornjega' pedala. S potiskanjem pedala vrtimo letalo okrog njegove navične osi in preprečujemo, da nos pade pod horizont. Pomembno je, da ti dve dejanji delamo le v položajih, ki so zelo blizu položaju $\frac{1}{4}$. Takoj po prehodu tega položaja moramo začeti s popuščanjem komand proti nevtrali.
- V približevanju položaju $\frac{2}{4}$ (hrbten položaj), moramo imeti pedala odklonjena tako, da odgovarjajo nevtralnemu položaju. Palico potiskamo naprej in tako ustvarjamo vzgon, ki letalo drži v zraku (negativni vpadni koti). Po prehodu položaja $\frac{2}{4}$, takoj začnemo s popuščanjem palice proti nevtrali iz enakega razloga kot pri približevanju položaju $\frac{1}{4}$.

- Položaj 3/4 je podoben položaju 1/4. Palica mora biti v takšnem položaju, ki ne povzroča zavijanja iz smeri. Tik pred dosego položaja, začnemo s potiskanjem 'zgornjega' pedala. Po prehodu položaja popuščamo komande proti nevtralnemu položajem.

Izhod iz tonoja

- Približevanje horizontalnemu položaju 4/4 je izhod iz tonoja. Pedali morata biti v položaju, ki ne povzroča zavijanja po smeri. S potisakanjem palice v nasprotno smer vrtenja zaustavljamo vrtenje. Palico tudi premikamo tako, da letalo privedemo v horizontalni položaj.
- Po končanem tonuju se mora letalo nahajati v horizontalnem položaju, s hitrostjo 110 KTS in na višini, ki je enaka višini uvajanja v tono. Smer letala mora biti enaka smeri pri začetku manevra.

3.2.7.2 Napake pri izvajanju tonoja in njihovo popravljenje

Napake v pripravi

- Izбира orijentirja; idealno je, če lahko izberemo linijski orijentir, ki ima na horizontu tudi svoj točkasti konec. Za tono je dovolj, če imamo točkasti orijentir. Po gibanju točke glede na vetrobran, točno določamo potrebno pilotiranje, da se letalo zadrži v predpisanem položaju.
- Premajhna hitrost; če izvajamo tono pri premajhni hitrosti bo tendenca spuščanja nosu pod horizont veliko bolj izražena. Kotna hitrost vrtenja letala okrog vzdolžne osi bo tudi znatno manjša. Napako popravljamo tako, da na začetku vzpostavimo večji kot vzpenjanja, ter med vodenjem koordiniramo komande bolj izrazito kot v pravilnem tonuju.

Napake pri uvajanju

- Premajhen kot vzpenjanja; posledica je prevelik kot spuščanja po končanem tonuju.
- Nezaustavljanje letala v kotu vzpenjanja; letalo se bo še naprej obračalo okrog prečne osi. V kombinaciji z rotacijo okrog vzdolžne osi ne bomo dobili tonoja, temveč sodček.

Napake pri vodenju

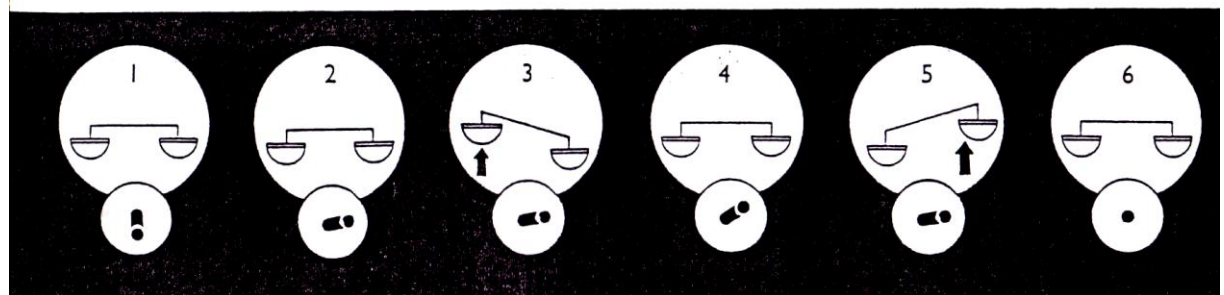
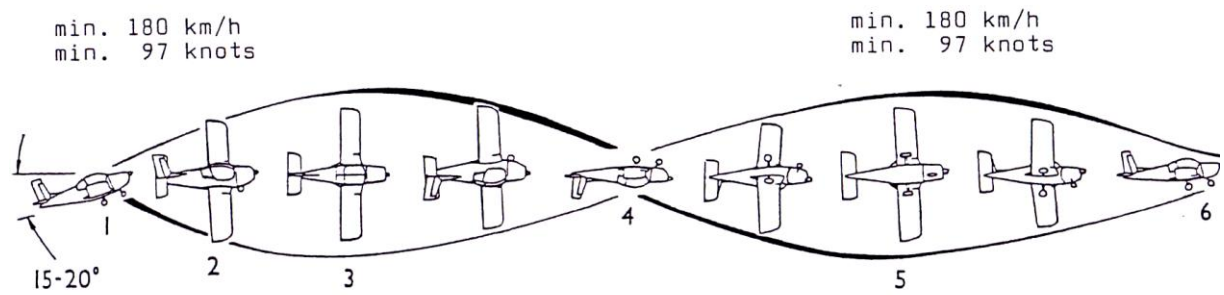
- Zavijanje iz smeri; zavijanje iz smeri se običajno dogaja zaradi nekoordinacije ali nepravilne koordinacije komand. Značilno je, da se v večini primerov dogaja zavijanje v smer enako smeri vrtenja v tonuju (npr. Levi tono-zavijanje v levo). Napako odpravljamo tako, da pravilno koordiniramo komande. Najlažje je, če začnemo postopoma. V prvi fazi lahko vadimo tono iz dveh polovic. Najprej se obrnemo do položaja 2/4, stabiliziramo položaj in nato še za pol obrata v položaj 4/4. V drugi fazi vadbe je pomembno počasno vrtenje v tonuju, ker le tako lahko sledimo vrtenju. Komande odklanjamo šele v točnih položajih, vse dokler ne dobimo občutka za koordinacijo. Kasneje bomo dobili občutek za zvezno koordinacijo komand.
- Prevelik kot spuščanja po končanem tonuju; ob vzroka, ki je naveden pri napakah v uvajanju, je vzrok lahko tudi v prepočasnem vrtenju brez koordinacije, premajhno odklanjanje komand pri koordinaciji ali premajhna hitrost v tonuju (tj. zmanjšana efikasnost komand).

- Zmanjševanje hitrosti vrtenja okrog vzdolžne osi letala; vzrok je vračanje palice proti nevtralenemu položaju po nagibu. Do tega prihaja podzvestno, kadar v položaju 2/4 potiskamo palico naprej.

Napake pri izhodu iz tonoja

- Zavijanje iz smeri; običajno se komand ne vrača v položaje potrebne za horizontalni let. To je tudi vzrok za zavijanje.
- Drsenje; vzrok je težnja, da bi os letala ostala usmerjena proti orijentirju, čeprav je prišlo do zavijanja iz smeri. Ko se pri pravilnem tonuju približujemo položaju 4/4 moramo komande popuščati in zaključiti manever na horizontu, brez kakršnegakoli drsenja.
- Nos letala opiše spiralo navzdol; kadar izvajamo tono s koordinacijo komand, je to ena najpogostejših napak. Njen vzrok tiči v prehitivanju spreminjanja položaja letala s komandami. Dejansko nastane zaradi prehitrega vlečenja palice na sebe, čeprav položaji letala tega še ne omogočajo. Potrebno je biti potrpežljiv in začeti z vlečenjem palice na sebe šele takrat, ko so bagibi manjši od 90° .

Slika 13: Prikaz izvedbe tona



Vir: Flight manual of the ZLIN Z 242L Aircraft, DOC. No: 003.012 1993

4 PREVLEČEN LET Z LETALOM ZLIN 242L

Prevlečen let z letalom ZLIN 242L izvajamo pri usposabljanju v Letalski šoli Slovenske vojske iz pogojev:

- horizontalnega leta
- vzeltanja
- pristajanja
- slow flighta

4.1 PREVLEČEN LET IZ REŽIMA HORIZONTALNEGA LETENJA

Priprava

V pripravi moramo narediti sledeče:

- izberemo linijski ali točkasti orientir
- preverimo višino
- opazujemo zračni prostor
- moč motroja je na 22,9 InHG v normah za horizontalni let
- pazimo da je da je kot propelerja v pogojih horizontalnega leta, na 2350 RPM
- hitrost letala je 100kts in mora ostati konstantna
- letalo mora biti v horizontalnem položaju

Uvajanje

- Z vlečenjem palice na sebe vzpostavimo kot vzpenjanja 20° - 30° , pri tem smo pazljivi da se letalo ne začne obračati iz smeri levo ali desno in da ne zavija v nagib.
- Prevlečen let letala Z-242L izvajamo in kontroliramo s pomočjo palice in pedalov, tako da držimo kot nagiba in je kroglica vedno v sredini.
- Zadržujemo kot.

Vodenje

- Spremljamo hitrost in nagib letala. Hitrost začne padati. Kroglica mora ostati vedno v sredini. Pri hitrosti nikoli ne prekoračimo minimalne hitrosti 57 kts, pomeni nikoli ne sme biti hitrost manjša od 57kts.
- Kot nagiba levo in desno na krilo je vedno 0° .
- Ko se začnemo približevati hitrosti letala 60kts, občutimo tresenje letala, kar je normalen odziv, saj letalo začne izgubljati vzgon. Rezultat približevanja temu bo tresenje in tendenca spuščanja nosu letala.
- Občutek na kontrolni palici bo vedno težji.

- Z nožnimi kontrolami kontroliramo letalo, da ne »pade« iz smeri levo ali desno na krilo, letalo je vedno v položaju tako da je kroglica na sredini.

Izvajanje

- Ko dosežemo hitrost 60kts in letalo trese popustimo kot tako, da letalo – nos letala obrnemo navzdol proti zemlji.
- Pri tem ko nos letala obrnemo navzdol, dodamo maksimalni plin.
- Hitrost nam začne naraščati in ko dovolj naraste prevedemo letalo nazaj v horizontalni let.

4.2 PREVLEČEN LET IZ POGOJEV VZLETANJA

Priprava

- izberemo linijski ali točkasti orientir
- preverimo višino
- opazujemo zračni prostor
- moč motorja je na 25 InHG v normah letala za pogoje vzpenjanja
- pazimo da je da je kot propelerja v pogojih za vzpenjanje letala, na 2500 RPM
- hitrost letala je 90kts in mora ostati konstantna
- zakrilca so v položaju za Take off – vzletanje
- maksimalna hitrost nikoli ni večja od 99kts

Uvajanje

- Z vlečenjem palice na sebe povečujemo kot vzpenjanja°, pri tem smo pazljivi, da se letalo ne začne obračati iz smeri levo ali desno in da ne zavija v nagib.
- Prevlečen let letala Z-242L izvajamo in kontroliramo s pomočjo palice in pedalov, tako ta držimo kot nagiba in je kroglica vedno v sredini.
- Zadržujemo kot.

Vodenje

- Spremljamo hitrost in nagib letala. Hitrost začne padati. Kroglica mora ostati vedno v sredini. Pri hitrosti nikoli ne prekoračimo minimalne hitrosti 53 kts, pomeni nikoli ne sme biti hitrost manjša od 53kts.
- Kot nagiba levo in desno na krilo je vedno 0°.
- Ko se začnemo približevati hitrosti letala 60kts, občutimo tresenje letala, kar je normalen odziv, saj letalo začne izgubljati vzgon. Rezultat približevanja temu bo tresenje in tendenca spuščanja nosu letala.
- Občutek na kontrolni palici bo vedno težji.

- Z nožnimi kontrolami kontroliramo letalo, da ne »pade« iz smeri levo ali desno na krilo. Letalo je vedno v položaju tako da je kroglica na sredini

Izvajanje

- Ko dosežemo hitrost 60kts in letalo trese popustimo
- Pri tem ko nos letala obrnemo navzdol, dodamo maksimalni plin
- Če presežemo hitrost 60kts dvignemo zakrilca
- Hitrost nam začne naraščati in ko dovolj naraste prevedemo letalo nazaj v horizontalni let.

4.3 PREVLEČEN LET IZ POGOJEV PRISTAJANJA

Priprava

- izberemo linijski ali točkasti orientir
- preverimo višino
- opazujemo zračni prostor
- moč motroja je na 12 InHG v normah leta za pristajanje
- pazimo da je kot propelerja v pogojih za spuščanje letala, naklon propelerja na »prop high«
- hitrost letala nikoli ne presega 99kts, zakrilca so v položaju za pogoje vzpenjanja
- hitrost zmanjšamo na 80kts in zakrilca na položaj za pristajanje, večji kot naklona zakrilc

Uvajanje

- Z vlečenjem palice na sebe povečujemo kot vzpenjanja°, pri tem smo pazljivi da se letalo ne začne obračati iz smeri levo ali desno in da ne zavija v nagib.
- Kontroliramo s pomočjo palice in pedalov, tako ta držimo kot nagiba in je kroglica vedno v sredini.
- Zadržujemo kot
- Letalo začne padati 200 ft na minuto.

Vodenje

- Spremljamo hitrost in nagib letala. Hitrost začne padati. Kroglica mora ostati vedno v sredini. Pri hitrosti nikoli ne prekoračimo minimalne hitrosti 47 kts.
- Kot nagiba levo in desno na krilo je vedno 0°.
- Ko se začnemo približevati hitrosti letala 60kts, občutimo tresenje letala, kar je normalen odziv, saj letalo začne izgubljati vzgon. Rezultat približevanja temu bo tresenje in tendenca spuščanja nosu letala.
- Občutek na kontrolni palici bo vedno težji.
- Z nožnimi kontrolami kontroliramo letalo, da ne »pade« iz smeri levo ali desno na krilo, letalo je vedno v položaju tako da je kroglica na sredini
- Maksimalno »padanje« letala 200ft na minuto.

Izvajanje

- Ko dosežemo hitrost 60kts in letalo trese malenkost popustimo palico.
- Dodamo maksimalni plin.
- Zadržimo kot.
- Hitrost je 60 kt, zakrilca v položaju za poletanje.
- Povečamo hitrost na 80 kts, začnemo vzpenjati.
- Popustimo zakrilca.
- Letalo prevedemo v režim za horizontalni let, plin 22,9 InHg/2350 RPM ali v režim za vzpenjanje plin 25 InHg/2500 RPM.

4.4 PREVLEČEN LET IZ POGOJEV SLOW FLIGHTA

Priprava

- izberemo višino izvajanja vaje
- preverimo višino
- opazujemo zračni prostor
- moč motroja nastavimo, plin na 15 InHg, in propeler na 2500 RPM (slika 14, št. 1)
- čakamo da hitrost pa de na 65kt
- pazimo da smo brez nagiba, držimo izbrano smer in horizontalni let
- variometer je na 0ft/min

Uvajanje

- Ko se let stabilizira izvedemo levi zavoj s 30° nagibom (slika 14, št. 2).
- Spremenimo smer leta za 90°

Vodenje

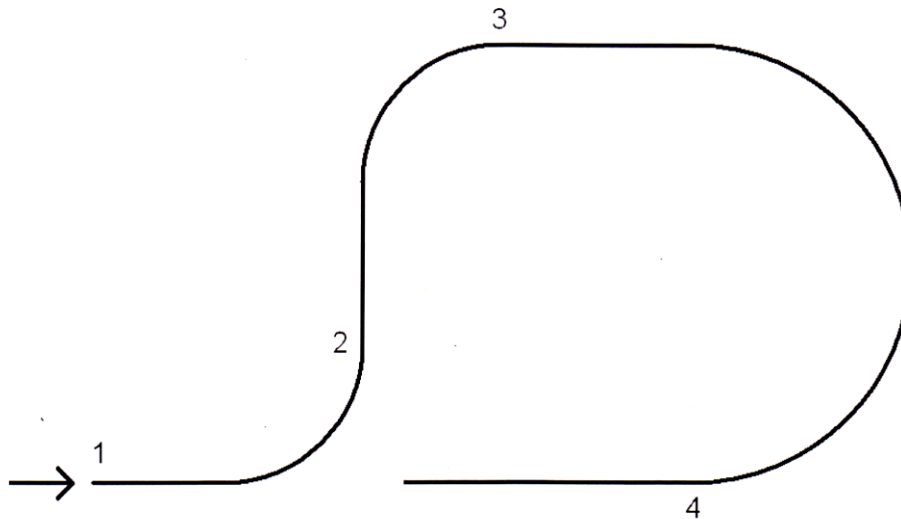
- Pri izvajanju vaje moramo biti pozorni da se celotna vaja izvede na delovni višini, ki bo izbrana na pripravi.
- Upoštevati je potrebno da bo treba plin dodajati pri uvajanju v zavoj, pri izhodu iz zavoja pa odvezemati.
- Pri spremembi konfiguracije plin dodajati pri spuščanju zakrilc.
- Plin odvezemati pri pospravljanju zakrilc.
- Kroglica mora biti med celotno vajo v sredini.

Izvajanje

- Po izhodu iz zavoja izvlečemo zakrilca na prvo stopnjo, za pogoje poletanja.
- Hitrost pade na 60kt
- Ko se let stabilizira izvedemo desni zavoj s 30° nagibom, spremenimo smer za 90° (slika 14, št. 3).
- Po izhodu iz zavoja nastavimo najmanjši naklon propelerja, PROP HIGH, izvlečemo zakrilca na drugo stopnjo.
- Hitrost pade na 55 kt.
- Ko se let stabilizira, izvedemo desni zavoj s 30° nagibom.
- Spremenimo smer za 180°.

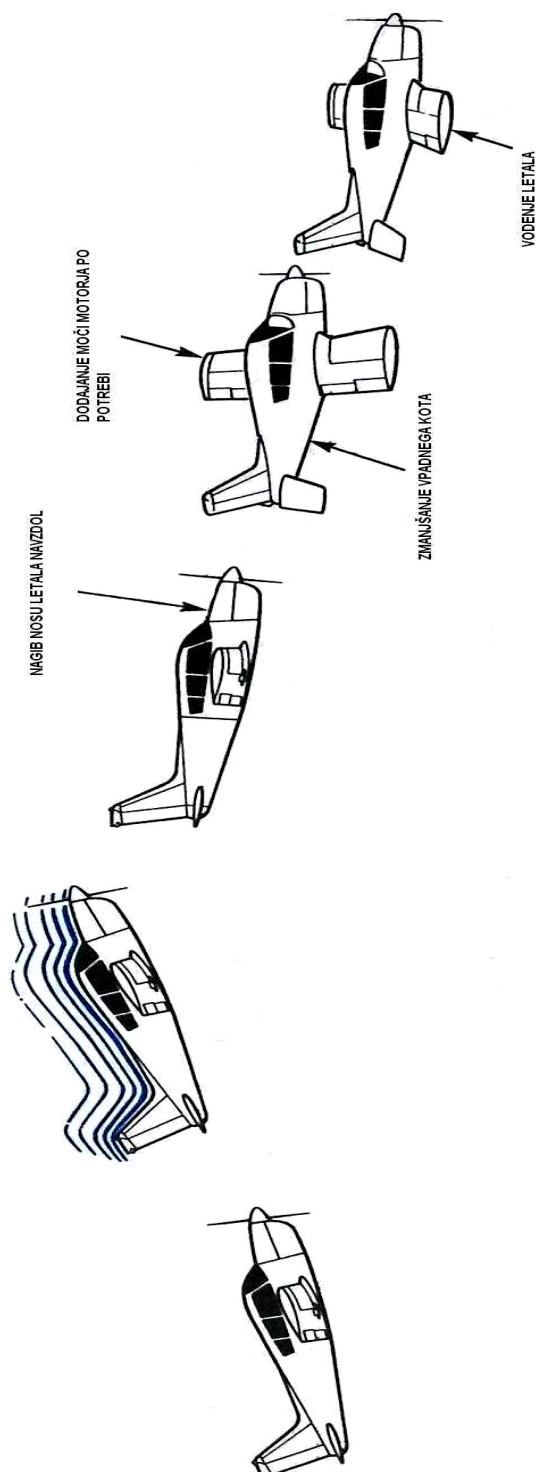
- Po izhodu iz zavoja začnemo s prevajanjem letala v norme za horizontalni let. Nastavimo maksimalni plin , vzdržujemo horizontalni let in čakamo prirast hitrosti(slika 14, št. 4).
- Pri 60kt nastavimo zakrilca na prvo stopnjo, pogoji poletanja, ko dosežemo hitrost 75kt, zakrilca pospravimo.
- Pri hitrosti 100kt nastavimo režim za horizontalni let plin 22,9 InHg / 2350 RPM.

Slika 14: Potek Slow flighta



Vir: Osebne skice inštruktorjev v LETŠ

Slika 15: Enostaven prikaz vodenja letala do meje zloma vzgona



Vir: Internet

5 ZAKLJUČEK

Poznavanje letala in njegovih omejitev je ključnega pomena za varnejše upravljanje z njim. Težave, ki so se pojavile tekom pisanja zaključnega dela, so bile pričakovane. Uporaba letalske angleščine in raba specifičnih izrazov v letalstvu, se je izkazala zelo težka za prevajati. V nekaterih primerih lahko beseda s prevajanjem izgubi svoj primarni pomen.

V osrednjem delu so predstavljeni postopki pri izvajanju akrobatskih figur in kontroliranem vodenju letala pri minimalnih hitrostih. Nemen tega je, da se učenec nauči in spozna letalo, ter zaupa vase pri vodenju letala.

Zaključna naloga je priročnik, ki bo služil spoznavanju letala ZLIN 242 L, učenju osnovnih akrobatskih figur, tehniki in odpravljanju napak pri izvajanju le-teh ter omejitev letala samega. Izhodišče tega priročnika je vodilo za prihodnje izobraževanje bodočih vojaških pilotov v Slovenski vojski, s poenotenimi in zbranimi postopki za učence kot tudi za inštruktorje.

LITERATURA

1. Flight manual of the ZLIN Z 242L Aircraft, DOC. No: 003.012 1993
2. Neil Williams, AEROBATICS, Airlife Publ.Ltd., England 1975
3. Igor Zrinski, Šola Akrobatskega letenja, Murska Sobota 1998
4. Šolski izobraževalni priročnik – osebni zapiski inštruktorjev na letalih ZLIN 242L v LETŠ

INTERNETNI VIRI:

http://www.lsvwinnweiler.de/frame/beitraege/kunst_fig/knstfig.htm

<http://www.google.si/search?q=stall+flight+pictures&hl=sl&prmd=imvns&tbm=isch&tbo=u&source=univ&sa=X&ei=cdrlTo-kL-U4QTcq-Uq&ved=0CBsQsAQ&biw=1280&bih=923#hl=sl&tbm=isch&sa=1&>

http://en.wikipedia.org/wiki/Zl%C3%ADn_Z_42

<http://www.zlinaircraft.eu/en/planes/z242l>

http://www.google.cm/images?hl=sl&source=hp&q=stall+flight+pictures&gbv=2&oq=stall+flight+pictures&aq=f&aqi=&aql=&gs_sm=e&gs_upl=3125l12032l0l12344l21l21l0l8l1l1l297l2438l0.1.9l10l0&oi=image_result_group&sa=X

SEZNAM SLIK IN TABEL

Slika 1: Normalni horizontalni let in razmerje sil v njem	8
Slika 2: Horizontalni let in položaj nosu glede na horizont pri veliki (levo) in minimalni hitrosti (desno)	9
Slika 3: Gibanje letala po X, Y, Z osi.....	10
Slika 4: Narisana priprava na figurno letenje pred Arestijem	13
Slika 5: Delitev figur na družine po Arestiju.....	15
Slika 6: Priprava na figurno letenje po načinu Aresti	16
Slika 7: Skica prikaza izvedbe vrija.....	21
Slika 8: Skica prikaza obrata čez krilo	25
Slika 9: Skica obrata na krilo	28
Slika 10: Skica izvedbe pentlje	32
Slika 11: Skica prikaza izvedbe immelmana	36
Slika 12: Skica prikaza izvedbe bojnega zavoja.....	40
Slika 13: Prikaz izvedbe tonoja.....	44
Slika 14: Potek Slow flighta	49
Tabela 1: Izguba višine pri določenem številu obratov z letalom ZLIN 242 L	19

KRATICE

Y: Vzgon

G: Sila teže

P: Moč motorja, vlečna sila

X: Upor

HIGH: Visoko, visoki

RPM: Obrati motorja na minuto

FULL: Poln, polno, maksimalno polnjenje motorja

RICH: Bogato, bogata zmes goriva pri dovodu v motor

KTS: »angleško« Knots, »slovensko« vozli, 1KT = 1,852km/h

FT: »angleško« Feet, »slovensko« čevelj, 1FT = 0,3048m

A: Aerobatics, letalo ki spada v akrobatsko kategorijo z omejitvami od +6g do -3,5g

U: Utility: +4,4g do -1,8g

N: Normal: + 3,8g do -1,5g

g: Sila teže 1g = 9,81m/s²

InHG: Enota za merjenje pritiska v letalstvu, 1 InHg = 3,376.85 Pa pri temperaturi 0° C.

LETŠ: Letalska šola Slovenske vojske – enota Slovenske vojske za izobraževanje pilotov na letalih

IZJAVA O AVTORSTVU ZAKLJUČNE NALOGE

Zaključno nalogo sem samostojno izdelal pod vodstvom mentorja, npor. Iva Miklavca.

desetnik Alex Bobnjar

Cerklje ob Krki, 22.11.2011