

Dr. NENAD INJAC
Fakultet prometnih znanosti
Zagreb, Vukelićeva 4

Sigurnost prometa
Pregled
UDK: 656.71.022.5:621.37
Primljeno: 30.01.1990.
Prihvaćeno: 24.09.1990.

GLISADA - SISTEM ZA PRIZEMLJENJE ZRAKOPLOVA UZ POMOĆ LASERA

SAŽETAK

U radu se obrazlažu razni sistemi za slijetanje koji se upotrebljavaju u svijetu i navode njihovi nedostaci. Skreće se pažnja na prednost najnovijeg sistema tzv. glisade koja se koristi sve više u svijetu, posebno u SSSR, i obrazlaže njen način funkcioniranja. Autor predlaže odgovarajuća ispitivanja i uvođenje tog sistema na naše aerodrome.

1. UVOD

Faze leta aviona jesu polijetanje, let i slijetanje (ili ateriranje). Najteža i najodgovornija faza je svakako slijetanje: pilot je obasut nizom informacija koje mora pravilno i kvalitetno protumačiti uz obavljanje svih potrebnih radnih operacija. Eventualna pojava bilo kakve komplikacije podrazumijeva i donošenje optimalnog rješenja u ograničenom vremenu, pri velikim brzinama i opasnosti udara o tlo. Sve skupa se višestruko potencira u slučaju noćnog slijetanja i prisustva nepovoljnih meteo-pojava.

Stoga je jasno da se ogromni naponi ulažu u nalaženju i primjeni takvih tehničkih sredstava koja omogućavaju što je moguće sigurniji prilaz i ateriranje zrakoplova. Da bi se shvatilo funkcioniranje i oblik ovog tipa uređaja, potrebno je upoznati osnovne parametre korektno obavljenog slijetanja aviona.

2. PARAMETRI SLIJETANJA AVIONA

Da bi avion (uz zahtijevanu brzinu) obavio pouzdano i sigurno slijetanje na poletno-sletnu stazu (PSS), mora zadovoljiti tri parametra:

1. poklapanje smjera leta sa osom PSS
2. poklapanje poniranja aviona s propisanom ravninom poniranja, i
3. poklapanje početka poniranja s početkom ravnine poniranja

Svaki od ovih parametara je jednako važan i zahtijeva barem elementarno obrazloženje (ne ulazeći u specijalističku detaljizaciju).

Uzdužna os PSS podsjeća na isprekidanu liniju na auto-cesti. Prilikom slijetanja mora se poklopiti uzdužna os aviona sa uzdužnom osi PSS inače dolazi do napuštanja PSS.

Od trenutka početka slijetanja do dodira sa PSS avion se spušta po (aproksimativno) pravoj liniji koja se zove linija poniranja. Pri

tome je bitno da avion ne bude nagnut u odnosu na uzdužnu os aviona (poprečna os se mora poklapati sa linijom horizonta). Ako zamislimo da od vrhova krila povučemo linije paralelne liniji poniranja (bez nagiba na uzdužnu os aviona), onda one obrazuju mrežu u jednoj jedinstvenoj ravnini. Ova ravnina je tada propisana ravan poniranja po kojoj avion prilazi PSS.

Pilot može zauzeti idealna smjer u odnosu na os PSS i početi spuštanje u idealnoj ravnini poniranja pa da opet napravi katastrofalnu grešku. Naime, ravnina poniranja ima po volji mnogo ali se samo jedna završava na pragu PSS (gdje, po propisu, avion mora dodirnuti tlo). Zato je veoma bitno da pilot uđe u poniranje baš u pravu ravninu poniranja. Ili, preciznije, ako avion leti na određenoj visini, mora se točno odrediti trenutak kada počinje slijetanje inače će aterirati prije ili poslije praga PSS. Pravi način da se to utvrdi jeste da pilot zna udaljenost do praga PSS:

Da bi slijetanje bilo korektno obavljeno, pilot mora poštovati sve navedene parametre slijetanja. Naravno, idealno slijetanje je vrlo teško postići, posebno u otežanim vremenskim okolnostima i noću, pa su zato razvijeni posebni sistemi za slijetanje.

3. SISTEMI ZA SLIJETANJE

Do sada najpoznatiji i najčešće korišteni sistemi za slijetanje su dva instrumentalna (ILS i GCA) i jedan klasični - svjetlosni. ILS je skraćenica od "Instrumental Landing System" (sistem za instrumentalno slijetanje) dok GCA dolazi od "Ground Controlled Approach" - sistem za prilazenje uz pomoć kontrole sa zemlje). Upoznajmo se sa osnovama svakog od navedena tri sistema.

ILS se sastoji od predajnih uređaja radio-signalna (radio-farova) na zemlji i prijemnika u avionu. Zemaljsku opremu sačinjava radio-far za pravac slijetanja (localizer), radio-far za ravninu poniranja (glide path) i vertikalni radio-farovi (markeri). Primljeni i obrađeni signali dovođe se na instrument u kabini koji se zove indikator prilaznja. Na indikatoru prilaznja se nalaze dvije kazaljke: vertikalna, za pokazivanje otklona od osi PSS (koja se pomjera lijevo-desno) i horizontalna, za pokazivanje otklona od ravnine poniranja (koja se pomjera gore-dolje).

Na propisanoj visini avion nailazi na prvi marker (oko 12 km) koji emitira morzeove signale (dvije crtice u sekundi) a zatim i drugi (oko 8 km) koji neprekidno i naizmjenično emitira točke i crtice. Nakon detekcije ovih signala pilot se oslanja na indikator prilaznja i korekcijom leta aviona održava kazaljke u srednjem (optimalnom) položaju.

Kategorija ILS uređaja označava preciznost vođenja aviona po visini poniranja u odnosu na prag PSS (uz kut ravnine poniranja od 2° do 4°).

Tako prva kategorija za visinu od 60 metara može imati odstupanje od 10 metara. Druga (preciznija) kategorija na visini od 15 m griješi 7,5 m dok je u trećoj kategoriji na 0 metara odstupanje 6 m. Naravno, odstupanja mogu biti i u plusu i u minusu. Iz toga jasno proizlazi da se pilot koristi sa ILS sve dok jasno ne uoči svjetla PSS a tada prelazi na vizualno slijetanje.

GCA se obavlja uz pomoć instrukcija sa zemlje od strane radarskih operatora na zemlji. To podrazumijeva najmanje dva radara uz PSS i radio-vezu sa avionom. Jedan radar je panoramski i on, nakon otkrivanja aviona, daje upute pilotu kako da priđe do početka poniranja. Tada ga preuzima precizni prilazni radar čiji je snop osmatranja svega 20° po horizontali (u smjeru osi PSS) i 7° po vertikali (od površine PSS prema kutu ravnine poniranja).

Po pravilu, operatori na radarima (preko radio-veze na kontrolnom tornju aerodroma) neprekidno saopćavaju pilotu njegov položaj u odnosu na os PSS i tako ga vode sve dok dobro uoči svjetlosnu signalizaciju za sigurno vizualno slijetanje.

Prilazni svjetlosni sistemi su, kao što se iz prethodnog izlaganja moglo uočiti, u svakom slučaju neophodni za završnu operaciju slijetanja. Sastoje se od uređaja za noćno slijetanje i svjetlosnih navigacijskih sredstava.

Uređaji za noćno slijetanje su: stalno svjetlo, granična svijetla, prilazna svijetla, svijetla za obilježavanje PSS i svijetla za obilježavanje prepreka.

Svjetlosna navigacijska sredstva su aerodromski farovi, reflektori za identifikaciju, reflektori za obilježavanje prepreka viših do 60 m i zračni svjetionici.

Posebno su važna svjetlosna obilježavanja prilaza PSS koja mogu biti jednostavna ili precizna (I i II kategorija). Kombinacijom rasporeda svjetlećih tijela i njihovom bojom daju se sve relevantne informacije a u slučaju potrebe se os PSS obilježava i nizom bljeskajućih svjetala.

Uz navedene uređaje osvjetljavanja PSS postavljaju se i sistemi za pokazivanje nagiba prilaza (Visual Approach Slope Indicator System - VASIS). Svjetiljke u crvenoj i bijeloj boji postavljaju se na poseban sistem prečki tako da pilot u toku prilaza vidi bijela svjetla ako se nalazi iznad kuta poniranja, bijela i crvena svjetla ako se nalazi točno u kutu poniranja i crvena ako se nalazi ispod kuta poniranja.

4. NEDOSTACI SISTEMA ZA SLIJETANJE

Navedeni sistemi za slijetanje (i njihove varijacije) pokazuju, i pored očiglednih prednosti, i niz nedostataka. Navedimo najvažnije. Kao prvo, instrumentalni prilaz traži dobru istreniranost pilota i brze i pravilne korekcije u toku slijetanja. Ako se radi o vođenju uz pomoć radara, potrebna je i veoma dobra koordinacija sa zemaljskim operatorima što opet podrazumijeva vježbu i iskustvo. Konačno, osvjetljenje na aerodromu u pogoršanim uvjetima i noću može zavarati (posebno u trenutku prelaska sa instrumentalnog na vizualno slijetanje) pa pilot nije u stanju da se pravodobno orijentira. Tada mu preostaje jedino da se prekine operacija, da pun gas i poveća visina.

Problem spajanja instrumentalnog prilaza i završne faze vizualnog slijetanja očigledno bi bitno dobio ako bi svjetlo bilo dovoljno jako da omogući raniji prelaz. Međutim, pojačanje svjetla preko određenog nivoa brzo pokazuje negativne efekte. Kao prvo, energetska potrošnja postaje veoma velika i skupa. Zatim, intenzivno svjetlo gubi na oštrini, boje se prelivaju i oznake gube smisao. Konačno, u lošim meteorološkim uvjetima raspršivanje svjetla postaje veće (kao kada se u jakoj magli upale duga svijetla), što samo pogoršava situaciju. U slučaju vožnje automobilom rješenje nije u intenzitetu svjetla već u upotrebi tzv. halogenih svjetiljki koje, kako se kaže, bolje "probijaju" maglu. Halogena svjetiljka, za razliku od obične, ima svjetlost približno iste valne dužine što znači da je raspršivanje manje. Međutim, halogena svjetla nisu bitno kvalitetnija od običnih i zato njihova primjena ne bi značila poseban dobitak. Ipak, rješenje postoji i predstavlja nov i efikasan sistem za pomoć pilotu kod ateriranja. Radi se o laserskoj svjetlosti!

Laserska svjetlost je jedne valne dužine (monohromatski) i u istoj fazi (koherentna), što podrazumijeva izvanredno malo prostorno širenje snopa (odnosno bitno veći domet) i proporcionalno manje rasipanje po noći u mutnoj atmosferi. Prvi sistem za slijetanje uz pomoć laserske svjetlosti patentiran je u SSSR-u i praktično instaliran na nizu aerodroma (prema dostupnim podacima, uz izvrsne rezultate). Dobio je naziv "Glisada".

5. GLISADA

Francuska riječ "glissade" označava klizanje oštrice mača po oštrici drugog mača ili zajednički korak unazad u plesu. Tokom vremena, ta riječ je poprimila šire značenje klizanja bilo čega u odnosu na neku referentnu veličinu. Tako, npr. pod glisadom piloti podrazumijevaju gubljenje visine bočnim klizanjem (obično u smjeru jednog nagnutog krila).

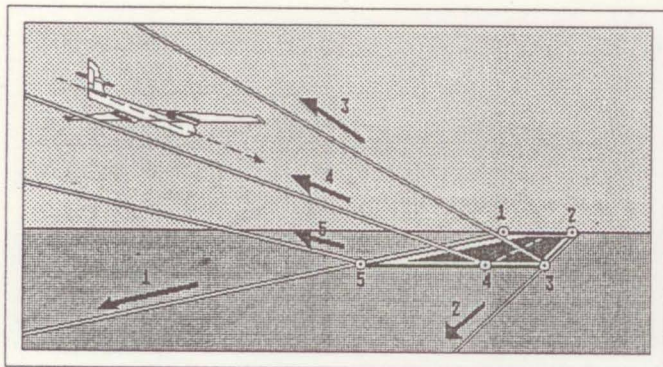
U slučaju "Glisade" kao sistema za slijetanje, očigledno se mislilo na svojevrstno "klizanje" aviona po zrakama laserske svjetlosti. Danas postoji nekoliko varijanti "Glisade" pa je

ovdje odabrana najjednostavnija (ali ne i manje efikasna). Naravno, time se ne isključuju naprijed opisani sistemi slijetanja (koji su, uostalom, i obavezni za određenu kategoriju aerodroma), već se govori o veoma moćnoj dodatnoj podršci sa velikom budućnošću.

Osnova "Glisade" je navigacija po linearnim orijentirima. Orijetiri su zrake laserske svjetlosti čiji su izvori postavljeni oko PSS. Ove zrake obrazuju u prostoru odgovarajuću geometrijsku sliku koja pilotu pomaže da direktno iz kabine (bez posebnog prijemnog instrumentarija!) i sa većih udaljenosti pravilno prizemljuje što znači da dobro određuje os PSS, udaljenost do praga PSS i ravninu poniranja. Ali, ukoliko je potrebno, postojeću lasersku sliku sa zemlje moguće je primati i instrumentalno što ukazuje na mogućnost automatizacije čitavog postupka prizemljenja. Jedna od opcija tada je svakako i kompjuterska obrada vizualnog signala primljenog nekim od postupaka prijema svjetlosti (na primjer, uz pomoć posebne TV-kamere).

5.1. Način funkcioniranja "Glisade"

Na slici 1. pokazan je raspored 5 izvora laserske svjetlosti uz PSS. Kao što se lako može uočiti, laseri 1 i 2 locirani su na samom kraju PSS i njihovo zračenje je usmjereno strogo paralelno PSS u smjeru njenog početka. Laseri 3, 4 i 5 nalaze se ispred početka PSS i usmjereni su pod kutom od 2° do 4° (formiraju ravninu poniranja) u odnosu na površinu zemlje dok njihova ortogonalna projekcija predstavlja nastavak ruba PSS (laseri 3 i 5) odnosno osi PSS (laser 4).



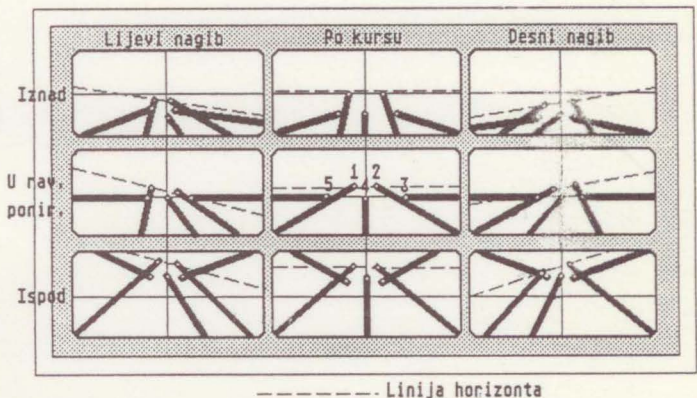
Slika 1. Raspored lasera u Glisadi

Laseri koji se ovdje koriste zrače kontinuiranu svjetlost u području frekvencija vidljivog svjetla na koje je ljudsko oko najosjetljivije (žuto, žuto-zeleno). Mada je snaga zračenja takva da ne može oštetiti pilotov vid, laseri su postavljeni tako da kod pravilnog pilotiranja zrake prolaze ispod i mimo aviona (što u svakom slučaju predstavlja jednu od prednosti "Glisade").

Zahvaljujući karakteristikama lasera (širina snopa je svega 10^{-3} stupnja prostornog ku-

ta, minimalno rasipanje snopa itd.) uočavanje svjetlosti kod "Glisade" u lošim meteo-uvjetima premašuje minimalno 2,5 do 3 puta vidljivost svih do sada poznatih izvora svjetlosti (uključujući svjetlosne radio-farove i svjetlosne svjetionike). Pri dobroj vidljivosti (minimalno 10 km), kvalitetno bočno opažanje laserske svjetlosti je 100 do 150 metara. U slučaju kiše, magle, dima ili drugih vidova aerosoli bočna vidljivost, za razliku od uobičajene svjetlosti raste do 200 do 250 metara.

Kada avion doprije u područje opažanja laserske svjetlosti "Glisade", tada se na prednjem oknu kokpita (kabine pilota) formira slika svojevrstnog nišana. Data geometrijska forma u potpunosti određuje položaj aviona u odnosu na PSS. Pilot smjesta uočava da li se os aviona poklapa sa osom PSS (odnosno da li je kurs ispravan), kolika su odstupanja od ravnine poniranja i da li postoji nagib aviona (u odnosu na centralnu os aviona, odnosno horizont) na lijevu ili desnu stranu. Na slici 2. date su sve moguće varijante odstupanja po kursu, ravnini poniranja i nagibu aviona (gdje se uz lijevi nagib uzima i lijevi otklon od osi PSS a uz desni nagib i desni otklon od osi PSS). Jedino je centralna slika (5) optimum i označava pravilan položaj aviona u operaciji prizemljenja.



Slika 2. Položaji aviona pri slijetanju po Glisadi

5.2. Prednosti Glisade u odnosu na klasične sisteme

Mogućnost direktne povratne veze omogućava pilotu kontinuirano i veoma lako i brzo provođenje korekcija tako da se preciznost slijetanja poveća do greške od samo nevjerovatnih 0,5 do 1 metara. To dolazi i od činjenice da je ljudsko oko izvanredno osjetljivo na bilo kakvo odstupanje od simetričnosti. Osim preciznosti koju ne posjeduje niti jedan do sada poznati sistem za slijetanje, "Glisada" ima i niz drugih neospornih prednosti. To su:

- potpuno prirodan prelaz na klasična svjetla malog intenziteta PSS prije faze prizemljenja,
- budući da ne postoji poseban prelaz sa instrumentalnog na vizualno slijetanje, psihička opterećenja su bitno manja,
- cijena "Glisade" je minimalna u odnosu na sve

- klasične sisteme,
- instalacija "Glisade" je krajnje jednostavna i njeno postavljanje ne zahtijeva bilo kakve zahvate na PSS i postojećim sistemima,
- energetska potrošnja "Glisade" je zanemarljiva u odnosu na klasičnu svjetlosnu signalizaciju,
- obuka pilota za primjenu "Glisade" je minimalna i ne zahtijeva sposobne, dugotrajne i skupe treninge i školovanje.

6. ZAKLJUČAK

Bez obzira na primjenu "Glisade" u svijetu (posebno na aerodromima civilne avijacije u SSSR) i na njene očigledne prednosti u odnosu na konkurentne sisteme, kod nas do sada nije (prema dostupnim podacima) izvedena niti jedna instalacija. Stoga je potrebno što prije provesti odgovarajuća ispitivanja i elaboriranje te "Glisadu" uvesti i na naše aerodrome.

Dobici bi bili višestruki: povećanje mogućnosti prijema broja aviona uz iste (loše) meteo-uvjete, olakšanje procedure slijetanja i, što je od svega najvažnije i najvrednije, bitno povećan stupanj sigurnosti najopasnije faze leta.

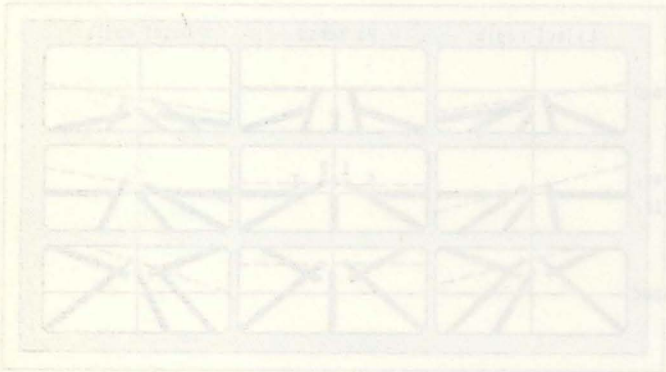
SUMMARY

GLISADA - AIRCRAFT LANDING SYSTEM BY MEANS OF LASER

This paper deals with different systems used for landing in the world and the author lists their respective flaws. Particular reference has been drawn to the advantages of the most recent system, the so called "Glisada", used more and more all over the world particularly in the USSR, and discusses its mode of operation. The author proposes adequate examinations and introduction of this system to our airports.

LITERATURA

- [1] D. DRAKULIĆ, V. PJEŠČIĆ: Radio-navigacija, VVA. Zadar, 1966.
- [2] B. F. FEDOROV: Lazery. DOSAAF. Moskva, 1988.
- [3] Z. MODLI: Krilata katedra. BIGZ. Beograd, 1979.
- [4] Z. MODLI: Piste u noći. Tehnička knjiga. Beograd, 1986.
- [5] A. PETRIČEVIĆ: Pravila i sistemi kontrole letenja. Viša zrakoplovna škola. Zagreb, 1982.
- [6] V. M. SIDORIN: Lazery u aviacii. Voenizdat. Moskva, 1982.
- [7] S.D. TRANKOVSKIJ: Knjiga o lazerah. DL. Moskva, 1988.



Slika 2. Polakni svjetlo pri slijetanju na Glisadi

Slika 1. Raspor laserskog zračenja u Glisadi

Glisada je sistem za prizemljenje zrakoplova uz pomoć lasera. Sistem se sastoji od lasera koji emitira svjetlost koja se reflektira na površinu zračne piste. Pilot vidi svjetlost i usmjerava avion prema njoj. Sistem je jednostavan i ne zahtijeva nikakve zahvate na postojećim sistemima. Glisada je posebno pogodna za upotrebu na aerodromima s lošim vremenskim uvjetima. Sistem omogućuje sigurno slijetanje i uz nisku vidljivost. Glisada je već uspjela u nekoliko zemalja, posebno u SSSR. Autor predlaže provedbu ovog sistema i na našim aerodromima.

Laser koji emitira svjetlost reflektira se na površinu zračne piste. Pilot vidi svjetlost i usmjerava avion prema njoj. Sistem je jednostavan i ne zahtijeva nikakve zahvate na postojećim sistemima. Glisada je posebno pogodna za upotrebu na aerodromima s lošim vremenskim uvjetima. Sistem omogućuje sigurno slijetanje i uz nisku vidljivost. Glisada je već uspjela u nekoliko zemalja, posebno u SSSR. Autor predlaže provedbu ovog sistema i na našim aerodromima.